

ask

Lane Medical Library

FOTOGRAFIE DER CORNEA-OPPERVLAKTE

H. M. DEKKING

Groningen

FOTOGRAFIE DER
CORNEA-OPPERVLAKTE.

FOTOGRAFIE DER CORNEA-OPPERVLAKTE

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN
GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE GRONINGEN
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS,
Dr. W. J. AALDERS, HOOGLEERAAR IN DE
GODGELEERDHEID, TEGEN DE BEDENKINGEN
DER FACULTEIT DER GENEESKUNDE IN HET
OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP ZATERDAG
8 MAART 1930, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

HENRI MARINUS DEKKING

ARTS

GEBOREN TE ROTTERDAM



VAN GORCUM & COMP.
ASSEN



Digitized by the Internet Archive
in 2026

VOORWOORD.

Bij het verschijnen van dit proefschrift is het mij een aangename plicht, U, Hoogleeraren en Lectoren aan de Universiteit te Amsterdam, te danken voor het onderwijs dat ik van U mocht ontvangen.

Hooggeleerde Z e e m a n, de maanden die ik aan Uwe kliniek mocht doorbrengen zullen mij altijd onvergetelijk blijven. Het was Uwe persoonlijkheid haast evenzeer als Uw onderwijs, die mij ertoe dreef mij te wijden aan de elegantste en meest exacte der medische wetenschappen, de oogheekunde; en ik ben U er nog dagelijks dankbaar voor.

Uit den aard der zaak geldt mijn grootste dank wel U, hooggeleerde R o c h a t, hooggeachte promotor, en ik beschouw het als een groot voorrecht mij Uw leerling te mogen noemen. Wat dit proefschrift betreft: zonder Uwe hulp als de moed mij bijna ontzonk, en Uwe welwillende kritiek als ik mij op a l te fantastische zijpaden dreigde te begeven, was het eens begonnen werk vermoedelijk nooit tot een goed einde gekomen.

Gij zijt een man van weinig woorden: Uw onderwijs is daardoor duidelijk en overzichtelijk, Uw kritiek kort en helder, Uw lof spaarzaam, maar juist daarom het meest op prijs gesteld.

Ik heb gemeend, ook in dit proefschrift in Uw geest te handelen door geen vijf woorden te gebruiken voor een zaak die met drie gezegd kan worden. Dit wat den v o r m aangaat; wat den inhoud betreft kan ik slechts hopen, dat ik mij Uw onderwijs en Uw voorbeeld niet te zeer onwaardig heb betoond!

INHOUD.

	Blz.
Hoofdstuk I: Inleiding	7
„ II Theoretische beschouwingen	11
„ III: Empirisch onderzoek	16
„ IV: Practische uitvoering	23
„ V: Oppervlak en beeld	36
„ VI: Klinisch gedeelte	48
Conclusies	67
Litteratuur	69

HOOFDSTUK I.

(INLEIDING.)

Reeds spoedig, nadat door *Helmholtz* en *Donders* de theoretische optiek in de oogheelkunde haar intrede had gedaan, werden er methoden uitgedacht om ook de oppervlakte der levende cornea nauwkeuriger te bestudeeren dan zulks met het bloote oog mogelijk is.

Een historisch overzicht van de tientallen voorgestelde en uitgevoerde apparaten kan hier gevoegelijk achterwege blijven. Slechts enkelen hebben zich tot op den huidigen dag kunnen handhaven: de primitieve, doch tamelijk efficiënte methode van het „spiegelende raambeeldje”, de keratoskoop van *Placido*, de ophthalmometer van *Javal* en last not least de spleetlamp met cornea-mikroskoop.

Elk van deze methoden stelt ons in staat, veranderingen in het cornea-oppervlak aan te toonen die zich in honderdste millimeters laten uitdrukken.

Des te meer verwondering moet het eigenlijk wekken, dat — op één uitzondering na — tot voor enkele jaren nooit systematisch is gepoogd, deze zoo belangrijke veranderingen fotografisch te registreeren, en zodoende objectief en onvergankelijk vast te leggen.

Wij zijn tegenwoordig in het bezit van tamelijk bevredigende apparaten voor de fotografie van de voorste deelen van het oog en van den fundus; doch het voornaamste brekende oppervlak, dat voor de functie van zoo eminent belang is, is in dit opzicht wel zeer slecht bedeed.

De voornaamste reden hiervoor is wel, dat men bij de uitvoering van dit zoo eenvoudig schijnende probleem al spoedig op groote technische moeilijkheden stuit, en de verkregen resultaten zijn daardoor in den aanvang allerminst bemoedigend.

Veel verder dan *Gullstrand*, die reeds in 1896 fotografische studien van de cornea-oppervlakte maakte, kwam

men eigenlijk niet, tot in 1927 F i s h e r een geheel anderen weg insloeg en inderdaad een uiterst gevoelige en eenvoudige methode wist te ontwikkelen. Ook aan deze zijn evenwel nog verschillende groote bezwaren verbonden (zie blz. 9).

Een kort overzicht van deze twee methoden moge hier volgen G u l l s t r a n d (3. 7, 20) maakte bij zijn onderzoek gebruik van de aloude „schijf van Placido”, zij het dan ook in een eenigszins gewijzigden vorm. Hij stelde een vlakke schijf, die in het midden doorboord was en waarop zich een willekeurige regelmatige figuur bevond, voor het te onderzoeken oog op. De schijf staat aanvankelijk loodrecht op de as van het oog, de patient fixeert dus het midden van de schijf. Op zijn cornea, of liever een weinig daarachter, ontstaat nu een spiegelbeeld van de bovenbedoelde figuur, en dit spiegelbeeld wordt door de centrale opening heen gefotografeerd. Het beeld op het negatief wordt later met mikroskoop en mikrometer uitgemeten, en op deze wijze de gezochte waarden nauwkeurig bepaald.

Nu wilde G u l l s t r a n d bij zijn onderzoek niet alleen het centrale gedeelte van de cornea vastleggen, maar ook de perifere gebieden, die juist voor het astigmatismus-onderzoek van zoo groot belang zijn.

Hierbij stuitte hij al dadelijk op de eerste groote moeilijkheid: dat het spiegelbeeldje van zijn schijf slechts een klein gedeelte van de cornea bedekte. (zie fig. 49.) De oplossing zocht hij eenvoudig hierin, dat hij de cornea bij verschillende blikrichtingen fotografeerde, en er dus op elke foto een klein deel van het oppervlak kon worden uitgemeten.

Als definitief object gebruikte hij een vierkant van zoodanige grootte, dat wanneer één beeld centraal gelegen was, en vier andere aansluitend aan de zijden, deze laatste juist tot aan den limbus reikten. Hij was dus in staat, met vijf opvolgende foto's het grootste deel van de cornea vast te leggen.

Het spreekt vanzelf, dat, hoe fraai deze methode ook voor laboratorium-onderzoek en in de handen van G u l l s t r a n d mocht wezen, zij voor de praktijk onbruikbaar was; alleen al de noodzakelijkheid van vijf afzonderlijke opnamen, waarbij de patient zijn afstand tot het toestel niet in het minst mocht doen veranderen, maakt het voor klinisch gebruik ongeschikt.

Wellicht zal men zeggen: „waarom een schijf van zoo beperkte afmetingen genomen? Ik vergroot deze afmetingen eenvoudig, zoolang tot haar spiegelbeeld de geheele cornea bedekt, en het doel is bereikt”. Doch, zooals later bewezen zal worden, dan komt de stroom der moeilijkheden eerst recht los, en het gestelde doel blijkt op deze wijze zelfs niet te benaderen.

Fischer, in 1927, vatte het probleem der cornea-fotografie op zeer origineele wijze aan met een methode, ontleend aan de kristallografie. Om een inzicht te krijgen in de uiterst fijne structuur van de oppervlakte van een kristal, laat de onderzoeker loodrecht op dit oppervlak een smallen bundel evenwijdige lichtstralen vallen. Het teruggekaatste licht wordt opgevangen op een scherm, waarop het allerlei figuren vormt wanneer het terugkaatsende oppervlak niet volmaakt glad is.

Een voorbeeld van deze methode in de natuur vinden wij in de figuren die het zonlicht vormt, als het van een bewogen wateroppervlak wordt teruggekaatst.

Deze methode schept inderdaad een heele rij van nieuwe mogelijkheden, die door Fischer in verschillende publicaties zijn uiteengezet (21, 23).

Evenwel, ook zij is slechts in staat een *klein gedeelte der cornea tegelijk* af te beelden (zie fig. 49); gelijkmatig verlopende veranderingen, astigmatismen bijv., worden door haar in 't geheel niet weergegeven, en, wat het grootste bezwaar is, het is niet mogelijk uit het reflexbeeld den vorm van het reflecteerende oppervlak terug te lezen. Fischer zelf zegt woordelijk: „. . . man wird also wohl zu einer bestimmten Oberfläche ein bestimmtes Reflexbild konstruieren können, aber nicht aus einem Reflexbild eine bestimmte Oberfläche.” (Arch. f. A. 98 Ergän. Bd. Blz. 4). Dit is juist het groote voordeel van de methode van Gullstrand, waar mendenloop van elken straal a.h.w. overal kan vervolgen; men heeft hier werkelijk met optische „beelden” te maken, bij de reflex-fotografie slechts met een onontwarbaar spel van licht en schaduw.

Doel van het in dit proefschrift beschreven onderzoek was nu, na te gaan of toch de eenvoudige en exacte methode

van G u l l s t r a n d zoodanig was uit te bouwen, dat een afbeelding van de *geheele* cornea, tot aan den limbus toe, in één enkele opname mogelijk was. De voorwaarden worden opgesteld waaraan een toestel op dezen grondslag gebouwd zou moeten voldoen, en het uitgevoerde apparaat wordt beschreven. In het klinische gedeelte worden tenslotte een aantal korte ziektegeschiedenissen met de bijbehorende foto's weergegeven.



HOOFDSTUK II.

(THEORETISCHE BESCHOUWINGEN.)

Aan welke voorwaarden moet het spiegelbeeld, door de cornea ontworpen, voldoen om een behoorlijke fotografische afbeelding mogelijk te maken?

re moet het de geheele cornea bedekken, dus rondom tot aan den limbus reiken. (Dit hebben wij immers juist als doel gesteld).

Verder willen wij natuurlijk den belichtingstijd zoo kort mogelijk maken, om bewegingen van den patient, en daardoor onscherpte van het beeld, uit te sluiten. Wij zullen dus gebruik moeten maken van een zoo lichtsterk mogelijk objectief, want wij kunnen de *intensiteit* van de verlichting niet naar willekeur opvoeren. Ten eerste levert dat technische moeilijkheden op, ten tweede zou het allicht tot schade voor den patient kunnen leiden.

Nu heeft evenwel een lichtsterk objectief noodzakelijkerwijs een zeer geringe dieptescherpte; om dus het geheele spiegelbeeld tegelijk scherp op ons matglas te krijgen, mag dit niet te veel diepteverschillen vertoonen. Dus:

ze moet het spiegelbeeld, zoo mogelijk, geheel vlak zijn.

Wij kunnen dus bij onze theoretische beschouwingen als ideaal aannemen een plat vlak, loodrecht staande op de as

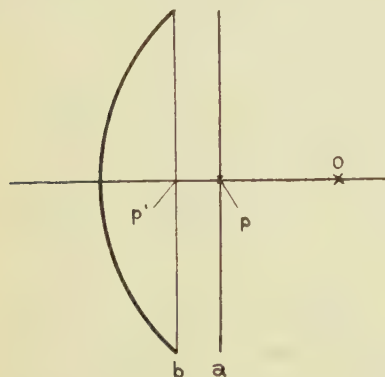


Fig. 1. De uiterste grenzen, waar-tusschen het beeld kan liggen.

van het oog, en de cornea aan den limbus, of daarachter, snijdend; en nu trachten te berekenen hoe de vorm van een object moet zijn, om, na spiegeling op de cornea-oppervlakte, een dergelijk vlak als beeld te leveren. (Zie a en b in fig. 1). De eerste vraag is nu: tusschen welke uiterste punten kan dit vlak liggen?

Wij kunnen daartoe het eenvoudigst bepalen de uiterste liggingen van het snijpunt met de

as (p,p'); met de ligging van dit punt is het geheele vlak bepaald, aangezien het loodrecht staat op de as.

Nemen wij aan, dat het cornea-oppervlak een bolsegment is met een straal van 7 mM, dan volgt hier direct uit dat het punt p nooit verder dan 3,5mM achter het oppervlak kan liggen, immers dan ligt het in het brandpunt, en is dus de afbeelding van een voorwerp in het oneindige. Naar den anderen kant is de uiterste ligging die, waarbij het vlak de cornea juist volgens den limbus snijdt (p'). Want, zou het de cornea reeds vóór den limbus snijden, dan wordt niet meer aan onze eerste voorwaarde voldaan.

Een eenvoudige berekening leert, dat bij 7 mM straal en 10 mM doorsnede, het bedoelde punt p' 2,5 mM achter het oppervlak ligt.

(Bij een straal van 8 mM worden de uiterste waarden 4 en 1,7 mM, dus aanmerkelijk gunstiger. Wij moeten evenwel natuurlijk van de meest ongunstige mogelijkheid uitgaan.)

De volgende vraag is nu: waar ligt het *object*-punt, waarvan p, resp. p', de afbeelding is?

Allereerst ligt het natuurlijk evenals p op de as, en zijn afstand tot het oppervlak laat zich eenvoudig volgens de gewone formule berekenen:

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f} \quad f = 3,5 \text{ (want straal } r = 7)$$

$$\text{waaruit volgt: } v = \frac{3,5b}{3,5-b}$$

Vullen we hierin de gevonden uiterste waarden voor b in, dan vinden we voor $b = 3,5 : v = \infty$

$$b = 2,5 : v = 8,75$$

Het centrale punt van ons object mag dus nooit dichterbij dan 8,75 mM bij het oppervlak der cornea komen; naar de andere richting is zijn afstand onbeperkt (tot oneindig toe).

Wij weten dus nu, waar ons proefobject de as zal kunnen snijden; van zijn verderen vorm weten wij nog niets. Het eenvoudigste is nu, allereerst te berekenen waar het *meest perifere* punt van het object zal moeten liggen, dat punt dus, dat aan den limbus wordt afgebeeld.

In het eene uiterste geval, vlak b (fig. 1), valt het bedoelde punt met het cornea-oppervlak samen. $b = 0$, dus ook $v = 0$, m.a.w. *het proefobject moet in dit geval den limbus raken.*

$CD = AB = 10$ (limbus)
 $C_p = 5$
 $O.C = \sqrt{Op^2 + pC^2}$
 $OE = r = 7$
 $EC = OE - OC = 7 -$
 $\sqrt{12.25 + 25} =$ (bij be-
 nadering) $= 1$.

Fig. 2. De plaats der beeldpunten t.o.v. de cornea

op het beeldvlak a dezelfde doorsnede hebben als de cornea zelf, m.a.w. de lijnen A C en B D (fig. 2) zijn evenwijdig, omdat hun snijpunt in het oneindige ligt.

Het punt C ligt dus, evenals A, 5 mM van de as verwijderd, en zijn afstand tot het cornea-oppervlak laat zich gemakkelijk berekenen. Zij blijkt, met zeer groote benadering, 1 mM te zijn (fig. 2). Trekken wij door het punt C een lijn (O F), gaande door het middelpunt van den bol, dan kunnen wij langs deze as met onze gewone formule berekenen de ligging van het objectpunt, waarvan C de afbeelding is. Wij vinden dan: $v=1,4 \cdot 1$)

Wij komen dus tot de volgende conclusie: ligt het

¹⁾ Deze redeneering is niet geheel zuiver, aangezien in werkelijkheid geen puntvormige afbeelding tot stand komt. Wat geldt voor den zuiver loodrechten straal, mag niet worden toegepast op den straal die, van het oppervlak teruggekaatst, door het hoofdpunt van het objectief verloopt.

Het verschil is evenwel te verwaarlozen, waar het hier slechts een globale berekening geldt.

centrale punt van ons proefobject in het oneindige, dan mag zijn meest perifere punt slechts 1,4 mM van de cornea verwijderd zijn. (gemeten in radiale richting).

Laten wij het centrale punt zoo dicht mogelijk naderen (tot op 8,75 mM), dan moet het perifeerste punt raken aan de cornea.

Hieruit blijkt al direct, dat een theoretisch juiste vorm van het proefobject allesbehalve gemakkelijk te verwezenlijken zal zijn. Aan den rand is de maximaal toegelaten afstand slechts 1,4 mM, wat veel te weinig is. Een dergelijke geringe afstand van een toestel tot het oog lokt onvermijdelijk afweerbewegingen uit. Bovendien is dat nog de *allergunstigste* afstand; het centrale punt ligt in dit geval in het oneindige, een conditie die zelfs in het meest benijdenswaardige laboratorium niet te verwezenlijken is.

Nemen wij voor ons centrale punt een eindige, en liefst niet te groote afstand aan, met het oog op de afmetingen van ons objectief, dan wordt de theoretische afstand bij den limbus nog kleiner.

Wij komen dus uit praktische overwegingen tot de eenvoudiger formuleering, dat het centrale deel van ons proefobject zoo ver mogelijk van het centrum van de cornea verwijderd moet zijn, het perifere deel daarentegen zoo dicht mogelijk den limbus moet naderen.

Hieruit volgt direct, dat de *schijf van Placido, resp. Gullstrand*, welhaast den meest ongunstigen vorm heeft die zich denken laat, en dat de meest gunstige vorm ongeveer een cilindervorm zal moeten wezen. ¹⁾

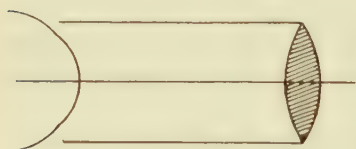


Fig. 3. De cylinder t.o.v. cornea en objectief.

De opening van dezen cylinder wordt aan de voorzijde bepaald door de doorsnede van den limbus, plus de noodzakelijke afstand van den limbus tot aan den rand van den cylinder; aan de achterzijde door de doorsnede, of liever de werkzame opening,

van het te gebruiken objectief (zie fig. 3).

¹⁾ De theoretisch geconstrueerde vorm is een ingewikkeld, waarschijnlijk pseudospherisch, oppervlak.

Hiermede is dus de vorm, die ons proefobject moet hebben, ten naastenbij bepaald, en wij kunnen nu uit louter constructieve overwegingen een aantal maten vastleggen.

Daarna moeten wij, het best langs empirischen weg, onderzoeken of onze noodgedwongen afwijking van de theorie ons niet al te groote offers kost, m.a.w. of de beeldveldwielving, die nu zeker zal optreden, binnen praktisch onschadelijke grenzen blijft.



HOOFDSTUK III

(EMPIRISCH ONDERZOEK; BEELDWELVING EN ASTIGMATISMUS).

Wij zijn natuurlijk, daar gebleken is dat wij ons niet streng aan de theorie *kunnen* binden, in zekere mate vrij in het kiezen van de afmetingen, die wij aan ons toestel zullen geven. Welke overwegingen moeten wij hierbij doen gelden?

1e Wij hebben gezien, dat een zekere kromming van het beeldveld niet te vermijden zal zijn. Wij zullen dus, om tot aan den rand een voldoende scherpte te houden, geen al te sterke vergrootingen mogen kiezen. Deze zijn trouwens ook met het oog op de lichtsterkte niet wenschelijk.

2e moeten wij er rekening mee houden, dat kleine voor- en achterwaartsche bewegingen van den patient tijdens de instelling kunnen voorkomen. Dit is alweer een argument voor niet te sterke vergrootingen; met kleine vergrooting verminderen wij de kans op mislukking door onscherpte.

3e moet het toestel, om „poliklinisch” bruikbaar te wezen, handig en licht zijn gebouwd. Sterke vergrootingen eischen een langen beeldafstand, met als resultaat een onhandelbaar toestel.

4e Met het oog op de technische uitvoering van het proef-object zullen wij dit liefst niet al te klein maken; ook wordt het bij kleine afmetingen van het object steeds moeilijker om er een voldoende hoeveelheid licht op te concentreeren.

5e De lens, die welhaast vanzelf *achter* het object zal komen, zal dus ook niet een zeer kleinen brandpuntsafstand kunnen hebben.

ad 1, 2 en 3: In mijn oorspronkelijke toestel (24) heb ik een vergrooting van 5 gebruikt, die in de laatste uitvoering is teruggebracht tot 3. Deze vergrooting is in alle opzichten bevredigend gebleken.

ad 4: In mijn laatste toestel heb ik als lengte van het object

genomen 6 cM, als opening (diameter) 3 cM. De lengte kon, zooals bij de praktische uitvoering zal blijken, bezwaarlijk grooter gemaakt worden; de diameter is evenwel feitelijk wat te groot, en zou beter tot 2. 5. à 2 cM teruggebracht kunnen worden. Alleen zou dan de vervaardiging veel moeilijker worden, en slechts door een zeer ervaren instrumentmaker voldoende zuiver kunnen geschieden.

ad 5: Als brandpuntsafstand van de lens heb ik genomen 75 mM, bij een vergrooting van 3 maal komt men dan tot de praktische maten van 10 cM voor den voorwerpsafstand, en 30 cM beeldafstand, waarmede dus de lengte van het geheele toestel op 40 cM is vastgelegd.

ad 6: Een relatieve opening van $f : 4,5$ is gebleken goed te voldoen. Een grootere opening geeft te weinig dieptescherpte, met een kleinere wordt het beeld te lichtzwak en dus de belichtingstijd te lang. De door mij gebruikte lens is een eenvoudige triple-anastigmat. Hiermede is, bij een voor den patient nog zeer dragelijke verlichting, een opname in $\frac{1}{4}$ sec. mogelijk (zie blz. 67).

Nu dus brandpuntsafstand, relatieve opening en vergrooting zijn vastgelegd, kunnen wij de beeldkromming gaan bepalen bij verschillende vormen van het proefobject, om zoo-

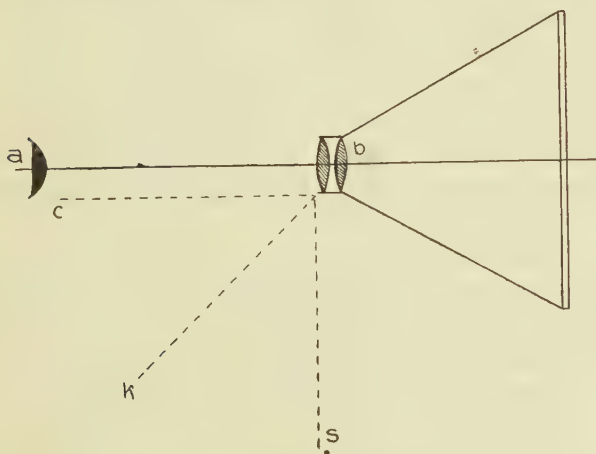


Fig. 4. Het proefobject in verschillende standen t.o.v. de kunstmatige cornea.

doende tot den meest gunstigen vorm te komen.

Aangezien al onze proefobjecten (schijf, kegel of cylinder) omwentelingslichamen zijn, waarvan de as samenvalt met de as van het toestel, zal hetzelfde ook gelden voor het resulterende beeld-

veld. Het is dus voldoende, slechts de beeldkromming te bepalen voor één beschrijvende lijn van het proefobject; de afbeelding hiervan zal een beschrijvende lijn zijn aan het gevraagde beeldvlak, en dit laatste zullen wij dus kunnen krijgen door eenvoudig deze lijn te laten wentelen om de as van het optische systeem.

Ik heb als „beschrijvende lijn” eenvoudig genomen een smalle strook wit papier, waarop, om het scherpstellen op verschillende niveaus te vergemakkelijken, een aantal dwarse zwarte lijnen is getrokken (zie fig. 6). Wij kunnen nu (zie afb. 4) de strook opstellen loodrecht op de as, zij geeft dan dus weer de oppervlakte van een plat vlak(*schijf*), of onder een kleineren hoek met de as, dan beschrijft zij een *kegeloppervlak*. Laten wij dezen hoek 0° worden, is onze strook dus opgesteld evenwijdig aan de as, dan is zij de beschrijvende lijn aan een *cylinder*. (Zie stippellijnen s, k en c fig. 4).

Men ziet in fig. 6, dat de lijnen niet alle op gelijken afstand van elkaar zijn getrokken; de reden hiervan is dat naar de periferie van de cornea de lijnen steeds meer op elkaar gedrongen worden weergegeven. In ons proefobject liggen de lijnen daarom naar buiten toe steeds verder uit elkaar, om in het beeld eenigermate gelijke afstanden te krijgen, hetgeen voor de meting aangenamer is, en regelmatiger resultaten geeft (verg. ook blz. 24). Aan het uiteindelijke resultaat doet afstand of aantal der lijnen niets af, zij zijn dus volkomen willekeurig gekozen, en geven alleen aan een aantal punten van het te onderzoeken oppervlak.

In elk van de standen s, k, c, (fig. 4) zal de cornea a een spiegelbeeld van ons proefobject ontwerpen, welk spiegelbeeld op zijn beurt dient als voorwerp voor het objectief b, dat hiervan een reëel beeld ontwerpt in de camera. Aangezien het cornea-spiegelbeeld gewelfd is, zal ook het door het objectief gevormde beeld dat zijn; het luchtbeeld, door de lens ontworpen, zal in alle drie dimensies zuiver gelijkvormig zijn aan het virtuele cornea-beeld.

Hieruit volgt, dat de toe te passen *vergrooting* niets ter zake doet; kiezen wij een sterker vergrooting, dan zal ook het luchtbeeld groter worden, maar het blijft in ieder geval gelijkvormig met het spiegelbeeldje dat wij willen onderzoeken.

Het luchtbeeld is gewelfd; daaruit volgt dat wij slechts één punt tegelijk ervan scherp op het matglas zullen krijgen, n.l. het punt waar het luchtbeeld het matglas snijdt. Stellen wij dus na elkander scherp in op het beeld van elke zwarte lijn van

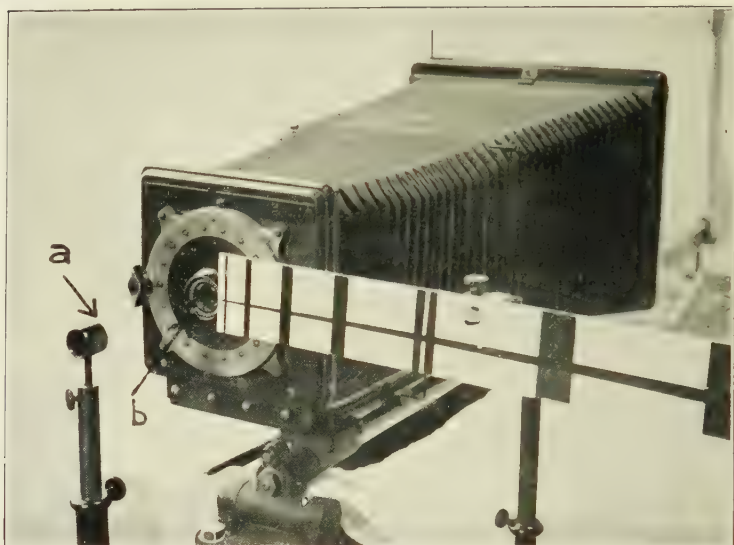


Fig. 6. Proefopstelling voor het bepalen van de beeldveldkromming.

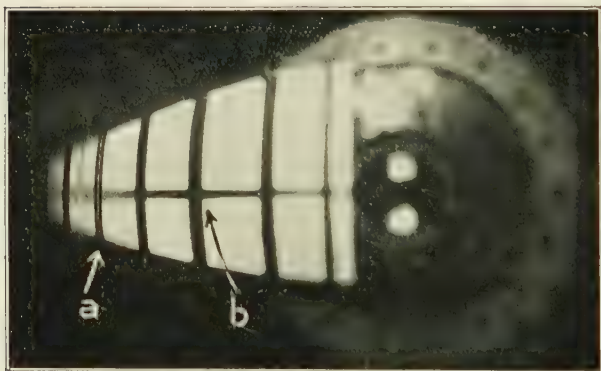


Fig. 7. Beeldkromming en astigmatisme.

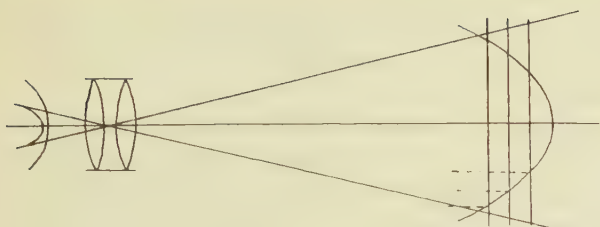


Fig. 5. De vorm van het lichtbeeld, in de camera ontworpen, en drie standen van het matglas.

het proefobject, dan hebben wij daarmee a.h.w. de geheele loop van het lichtbeeld „afgetast”

De vorm van het lichtbeeld kan dus eenvoud-

dig worden opgeteekend, door de afstand van elk beeld tot de as, en de verschuivingen van het matglas, uit te zetten op de coördinaten van een rechthoekig stelsel. Verbinden wij de uiteinden der lijnen, dan hebben wij hiermede het geheele lichtbeeld in doorsnede in kaart gebracht.

Om zoo min mogelijk fouten te maken met het scherp instellen, verdient het aanbeveling de vergroting zoo sterk mogelijk te maken, waardoor natuurlijk de beelden der lijnen verder uiteen komen te liggen. (Ikzelf gebruikte bij mijn bepalingen een 9-malige vergroting). Bovendien kan men het beste voor de instelling een sterk vergrootende loupe gebruiken.

In fig. 6 is een proefopstelling weergegeven, met het object loodrecht staande op de as (dus een schijf weergevend).

Proefopstelling: op een optische bank bevinden zich een ruiters met een kunstmatige cornea *a* (stalen kogel van 8 mM straal) en een camera met objectief *b*. Op de tafel is verder verplaatsbaar opgesteld het proefobject, de papierstrook *s*, die men dus elken willekeurigen stand kan geven (zie fig. 4) Dit proefobject wordt gespiegeld door de cornea *a*, en dit spiegelbeeld wordt op zijn beurt door het objectief *b* in de camera afgebeeld.

Fig. 7 geeft dit beeld weer, zooals het zich op het matglas voordoet (vergroting 9 maal).

Men ziet hier zonder meer de groote beeldveldkromming; slechts één enkele van de lijnen is haarscherp, in dit geval de vijfde (met *a* aangegeven), waar in het midden voor fijnere scherpstelling een witte lijn is getrokken. Men ziet deze witte lijn ook in fig. 6 bij *s*, zij dient dus alleen om op de foto één bepaalde lijn beter te doen uitkomen.

Nu is er op de papierstrook behalve de dwarse lijnen, ook nog een lijn in het midden getrokken, die in de lengte, en dus radiaal, verloopt.

Men ziet nu evenwel in de afbeelding, dat ter plaatse van de grootste scherpste voor de sagittale lijnen (bij *a*), deze radiale lijn reeds zóó onscherp is, dat zij nauwelijks meer is waar te ne-

men. De grootste scherpte voor *deze* lijn ligt op een geheel andere plaats, nl. bij b, waar juist de sagittale lijn nog geheel onscherp is afgebeeld.

Er treedt dus blijkbaar een zeer sterk *astigmatismus* op, wat trouwens bij een spherischen spiegel van zoo groote opening als de cornea is, ook niet anders te verwachten was.

Uit de afbeelding is nog een feit af te lezen, nl. dat de kromming van het beeldveld in tangentielle richting nog veel sterker is dan in sagittale. Want, terwijl de dwarse lijnen nog over een vrij groot gebied een althans matige scherpte vertoonen, is dit bij de radiale lijn slechts over een veel kleinere lengte het geval.

Ook bij andere vormen van het proefobject treedt astigmatismus op, doch in veel geringeren graad.

Uit deze proeven kunnen wij enkele praktische gevolgtrekkingen maken.

1e Zal de vorm van de figuren van ons proefobject zoodanig moeten wezen, dat zoo min mogelijk hinder van astigmatische fouten wordt ondervonden, dus bij voorkeur lijnvormig, hetzij zuiver sagittaal, of zuiver radiaal. In beide gevallen is het astigmatisme onschadelijk gemaakt, maar aangezien het radiale beeldveld veel sterker gekromd is, is een sagittaal verloop verre te prefereren.

2e Aangezien alleen bij *zuiver* sagittaal verloop geen astigmatismus optreedt, is alleen een cirkel als „anastigmatisch” object mogelijk. *De door Gullstrand gebruikte vierkanten zijn belangrijk ongunstiger*; hier zijn streng genomen alleen het midden van de zijden geheel vrij van astigmatismus.

Zooals later zal blijken, heb ik *toch* in mijn proefobject een viertal radiaal verloopende „spaken” toegepast. Er moet nadrukkelijk de aandacht op gevestigd worden, dat deze spaken of meridianen een *geheel andere* functie hebben (Zie blz 28, en fig. 24 klinische deel); voor de beeldvorming zijn zij van geen belang, en zij worden ook bij de interpretatie van de foto's niet gebruikt.

In fig. 8 zijn drie der curven weergegeven, die met de bovenbeschreven methode gevonden zijn. Deze zijn dus geen grafische voorstellingen, doch zuivere „doorsneden” door het

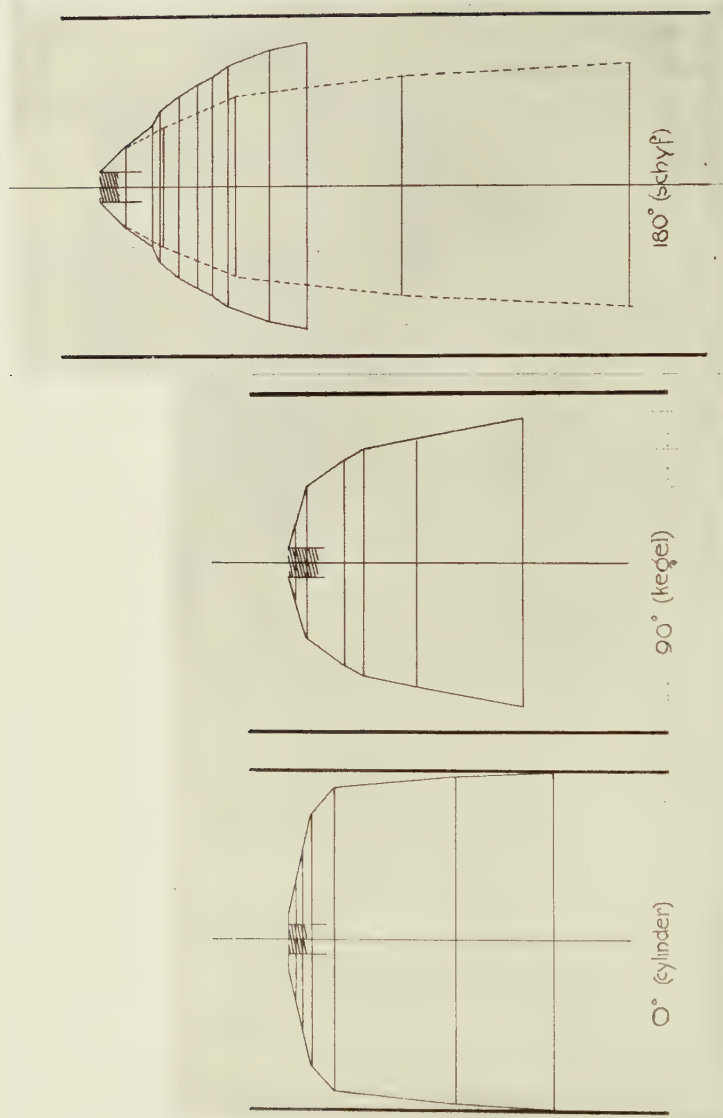


Fig. 8. Beeldveldkromming voor de drie oppervlakken, in fig. 4 met c , k en s aangegeven. De dikke zwarte lijnen geven den rand der cornea aan. Toegepaste vergrooting $9\times$. (op $\frac{1}{2}$ ware grootte gereproduceerd).

reële luchtbeeld, in de camera ontworpen. Men ziet hieruit dat inderdaad de beeldveldkromming voor een plat vlak(*schijf*) enorm is, en reeds ontoelaatbare proporties aanneemt als nog slechts de helft der cornea is afgebeeld. De tangentiale (radiale) beeldkromming wordt door de stippellijn weergegeven; men ziet dat deze belangrijk sterker is, en er dus een aanzienlijk astigmatisme optreedt.

Aangezien wij een methode hebben om dit astigmatisme onschadelijk te maken (zie blz. 20), is het voor de andere curven niet weergegeven.

Wat de beeldkromming betreft, blijkt de toestand bij een kegel met een tophoek van 90° reeds aanmerkelijk gunstiger te zijn, terwijl bij de buisvorm de kromming tot op kleinen afstand van den limbus binnen merkbare grenzen blijft. Bij de toegepaste 9-malige vergrooting is op 5 mM van den rand het diepteverschil slechts 12 mM, bij de in ons toestel gebruikte vergrooting van 3 maal dus 4 mM.

Neemt men aan, dat de fotografische plaat in het midden hiertusschen staat, dan ligt het allergrootste gedeelte van het beeld dus hoogstens 2 mM voor en achter de plaat. De onscherpte die hierdoor veroorzaakt zou worden is praktisch bijna geheel te verwaarloozen. ¹⁾

Men ziet uit de figuur tevens, dat aan den uitersten rand ook bij het buisvormige object een zeer sterke beeldkromming optreedt. Dit was ook te verwachten, want bij onze buis met een opening van 30 mM, en dus een afstand tot den limbus van ongeveer 10 mM, wijken wij juist aan den rand het sterkst af van de theoretisch gevorderde waarde, die immers hier slechts hoogstens 1,4 mM mag bedragen (Zie de berekening op blz. 13).

Evenwel is bij 9-malige vergrooting deze „slechte zône” 5 mM breed, wat dus neerkomt op een breedte van $\frac{5}{9}$ mM

¹⁾ Een nog sterkere reductie van de beeldveldkromming zou te bereiken zijn met een lens volgens Ch. Piazzzi Smyth; dit is een planconcave lens, die *vlak voor de plaat* wordt opgesteld. Zij heeft op de paraxiale stralen bijna geen invloed, maar de perifere stralen, die een groote dikte van de lens moeten doorloopen, worden minder convergent gemaakt, hun snijpunt dus meer naar achteren gebracht, en de beeldveldwieling daarmee verminderd, resp. opgeheven.

Oorspronkelijk aangegeven om de astigmatische beeldveldwieling van het Petzval-objectief op te heffen, werd zij later door v. R o h r toegepast in zijn Astro-Biotar, een lichtsterk objectief voor de fotografie van nevelvlekken (19).

aan het werkelijke oog. Onze buis kan dus een praktisch volmaakt scherpe afbeelding geven tot op ongeveer 0,5 mM van den limbus.

In het definitieve toestel heb ik van een afbeelding van deze uiterste zône geheel afgezien (zie fig. 49); wij kunnen dan het uiteinde der buis direct een aanmerkelijken afstand achteruit brengen, hetgeen het zuivere en snelle werken zeer ten goede komt.



HOOFDSTUK IV.

(PRAKTISCHE UITVOERING)

Uit de voorgaande berekeningen en proeven is dus gebleken, dat het eenige object, dat bruikbaar is voor fotografie der cornea-oppervlakte, een *cylinder* is, en dat de figuren op zijn oppervlak *cirkels* moeten wezen.

Wij zullen dus een buis moeten maken, op welker binnenzijde een aantal ringen is geteekend. Het zal natuurlijk uitgesloten zijn, deze ringen met *opvallend* licht te verlichten, want de buis wordt aan de eene zijde geheel afgesloten door het objectief, aan de andere zijde grootendeels door het te fotografeeren oog. Wij zullen de buis dus van buiten af moeten verlichten, en de ringen zullen moeten worden aangebracht op een doorschijnend medium, glas bijv., of geheel vrijstaand in de lucht.

Mijn eerste proeven werden inderdaad uitgevoerd met een glazen buis, waarin met dofzwarte verf een aantal ringen was geteekend.

Gaat men nu deze buis van buiten af belichten, dan blijken de ringen vrijwel onzichtbaar te worden; het licht, dat van alle kanten door de buis schijnt, kaatst nog in zeer sterke mate tegen de dofzwarte verf terug. Het is, bij den zeer scheeven invalshoek der stralen, eenvoudig onmogelijk om de ringen absoluut zwart te doen lijken; ook het meest dofzwarte oppervlak heeft altijd nog een aanzienlijk reflectie-vermogen.

En toch is het, voor een brillante foto, een absoluut vereischte dat het contrast tusschen de zwarte ringen en den lichtenden achtergrond zoo groot mogelijk zij.

De eenige oplossing om het lastige reflecteeren onschadelijk te maken, is de ringen niet te teekenen, doch hen werkelijk een „stoffelijk bestaan” te geven, en dan *het oppervlak der ringen zóó ver te draaien, tot het loodrecht staat op de richting waarin zich het oog bevindt*.

De eenige stralen, die dan van het ringenoppervlak het oog kunnen treffen, zijn die welke van het oog zelf afkomstig zijn, en dit is slechts een geringe hoeveelheid (nl. het licht afkomstig van het cornea-spiegelbeeldje).

Absoluut zwart kunnen wij de ringen dus ook dan niet maken, maar het is de gunstigst mogelijke oplossing.

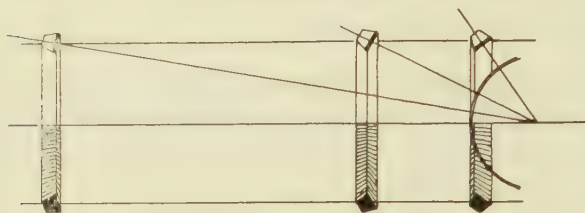


Fig. 9. Het profiel van elken ring is verschillend.

Uit het bovenstaande volgt, dat het oppervlak van elken ring een eigen vorm moet hebben, die afhankelijk is van de plaats, die hij

in de buis inneemt. (zie fig. 9).

Hebben wij dus nu een aantal ringen van den goeden vorm, dan kunnen wij deze in bijv. een glazen buis gaan monteeren.

Hebben wij hierbij alle ringen op gelijken afstand van elkaar geplaatst, dan blijkt dat zij door de cornea in het geheel niet even ver van elkaar worden afgebeeld. Men krijgt een afbeelding, als in fig. 10a is weergegeven. Naar den limbus toe komen de ringen steeds verder uiteen te liggen, nabij het centrum liggen zij vlak op elkaar. Aangezien het wenschelijk is, in het te fotografeeren beeld alle ringen op gelijken afstand te hebben, zullen wij dus de ringen zóó moeten opstellen, dat hun afstanden naar het oog toe geleidelijk kleiner worden.

Hoe die afstanden precies moeten wezen, is a priori niet te zeggen, het laat zich evenwel gemakkelijk berekenen volgens een grafische interpolatiemethode.

Wij gaan daartoe als volgt te werk: Wij plaatsen in de buis, die wij in het definitieve toestel zullen gebruiken, een aantal ringen op *gelijke* afstanden van elkaar, en maken dan een foto van het cornea-beeldje, met zoo sterk mogelijke vergrooting. Het aantal der ringen is onverschillig, hoe meer hoe beter. Wij krijgen dan dus iets, als in fig. 10a is aangegeven. Nu zetten wij de afstanden, waarop deze ringen van elkaar zijn gelegen, uit op de abscis van een rechthoekig coördinatenstelsel (0 x in fig. 10b). Op de ordinaat zetten wij een even groot aantal punten uit, met gelijke tusschenruimten (dus evenals dit in het oorspronkelijke voorwerp het geval was).

Verbinden wij nu elk „voorwerpspunt” op de lijn 0 y met zijn overeenkomstig „beeldpunt” op 0 x door loodrechte lijnen, dan geeft de kromme die zich laat leggen door de snijpunten

dezer lijnen, de *verhouding* aan waarin de overeenkomstige afstanden in voorwerp en beeld tot elkaar staan.

Nu wij eenmaal deze verhouding als doorlopende lijn kennen, kunnen wij door op de „beeldlijn” $o x$ *gelijke* afstanden af te zetten en de geheele procedure in omgekeerde richting te herhalen, op de voorwerpslijn $o y$ de punten vinden die wij zoeken.

De geheele teekening wordt dan wat onoverzichtelijk; het is daarom beter de gelijkmatige verdeling die wij op $o x$ moeten toepassen over te brengen naar de andere zijde der kromme, dus op $y y'$. Wij verdeelen dus yy' in even veel gelijke deelen als oy , en laten hieruit loodlijnen neer op de kromme.

Wederom voor de overzichtelijkheid gebruiken wij nu niet oy als voorwerpslijn, maar xy' , en laten van de snijpunten op de kromme, loodlijnen neer op deze lijn.

De resulterende punten op $x y'$ geven dan dus de afstanden aan, waarop punten in het voorwerp moeten gelegen zijn om in het beeld op gelijken afstand van elkaar te worden weergegeven.

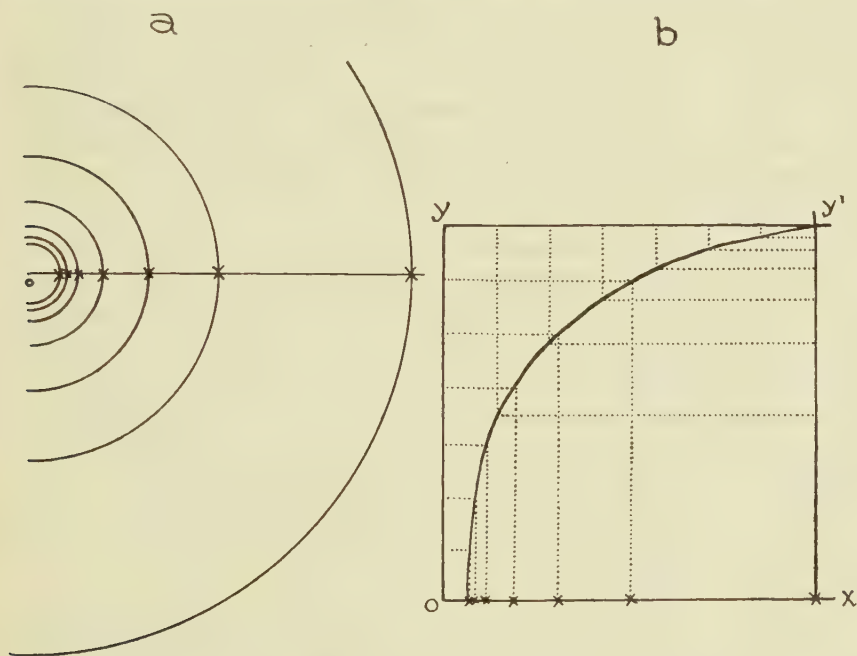


Fig. 10. De constructie van de afstanden der ringen.

Deze methode is eenvoudig en snel uit te voeren, en geeft veel nauwkeuriger resultaten dan een louter empirische.

Dit wat betreft de afstanden der ringen. Maar het spreekt vanzelf, dat ook de *dikte* van elken ring verschillend wordt afgebeeld. Het zal dus noodig zijn, ten einde alle ringen in het beeld even breed te krijgen, dat de ringen vlak bij de cornea zeer smal zijn, terwijl degenen die er het verst van verwijderd zijn zeer breed worden gekozen.

Theoretisch zou ook dit geconstrueerd kunnen worden volgens de zooeven beschreven methode, in de praktijk blijkt dit evenwel niet door te voeren, aangezien het, vooral dicht bij den limbus, een zaak van honderste millimeters wordt. En, althans voor schrijver dezes, is het niet goed mogelijk een ring te maken, waarvan het scheefstaande voorste vlakje bijv. precies 0,42 mM breed is.

Hier moeten wij dus, helaas, door probeeren en meten tot een bevredigend resultaat trachten te komen.

Het merkwaardige is trouwens, dat ook absoluut zuivere maten alleen geldig zijn voor één bepaalde krommingsgraad van de cornea. Hebben wij onze buis precies berekend voor een cornea van bijv. 8 mM straal, en gebruiken wij haar nu vóór een cornea, waarvan de straal 7 mM bedraagt, dan zal deze bol door zijn korteren brandpuntsafstand zijn beeld ook iets verder naar voren ontwerpen. Om toch weer een scherpe afbeelding op het matglas te krijgen, moeten wij ons toestel dus verder naar achteren verplaatsen. De voorste ringen, die eerst vlak bij de cornea stonden, komen *procentsgewijze* nu veel verder van het spiegelend oppervlak af te staan; de verplaatsing voor de *achterste* ringen is naar verhouding natuurlijk veel geringer. De verhouding tusschen voorste en achterste ringen is dus nu een geheel andere dan eerst, en onze, voor een cornea van 8 mM zoo zorgvuldig berekende, dikteverhoudingen zijn bij deze straal van 7 mM niet juist meer; de voorste ringen zullen te dun-, de achterste te dik worden afgebeeld.

Ook hier zullen wij ons dus met benaderingen tevreden moeten stellen. Groot zijn de verschillen natuurlijk niet, maar toch wel waarneembaar.

De fotografische justering werd doorgevoerd met een kunstmatige cornea (stalen kogel) van 8 mM straal. In het klinische gedeelte zal men, de foto's vergeijkende, zien dat soms de onderlinge afstanden der ringen zeer zuiver zijn, in het andere niet; hier week dan de straal der cornea van den norm van 8 mM af.

Deze verschillen zijn dus geen fout van het toestel, maar een gebrek dat aan ieder apparaat van dezen aard inhaerent zal

zijn, tenzij men voor elke kromming een aparte ringen-buis in voorraad zou willen houden.

Een volgend punt, dat eenige uiteenzetting behoeft, is de kwestie van de verlichting. Deze moet natuurlijk zoo gelijkmatig mogelijk zijn. In mijn eerste toestel, dat ik voor enkele jaren beschreven heb (24), bereikte ik dit door de glazen buis waarin zich de ringen bevonden, te omgeven met een tweede buis van melkglas, en deze zoo sterk mogelijk te verlichten.

Aan deze methode waren evenwel nog verscheidene bezwaren verbonden, het melkglas absorbeerde een enorme hoeveelheid licht, doordat de stralen er zeer scheef doorheen moesten dringen. In mijn tweede toestel heb ik daarom een geheel anderen weg gevolgd, door in de eerste plaats *opaline*glas te gebruiken, dat aanzienlijk doorzichtiger is dan melkglas, en bovendien het licht hier nagenoeg loodrecht door te zenden. Fig. 11 geeft de opstelling aan.

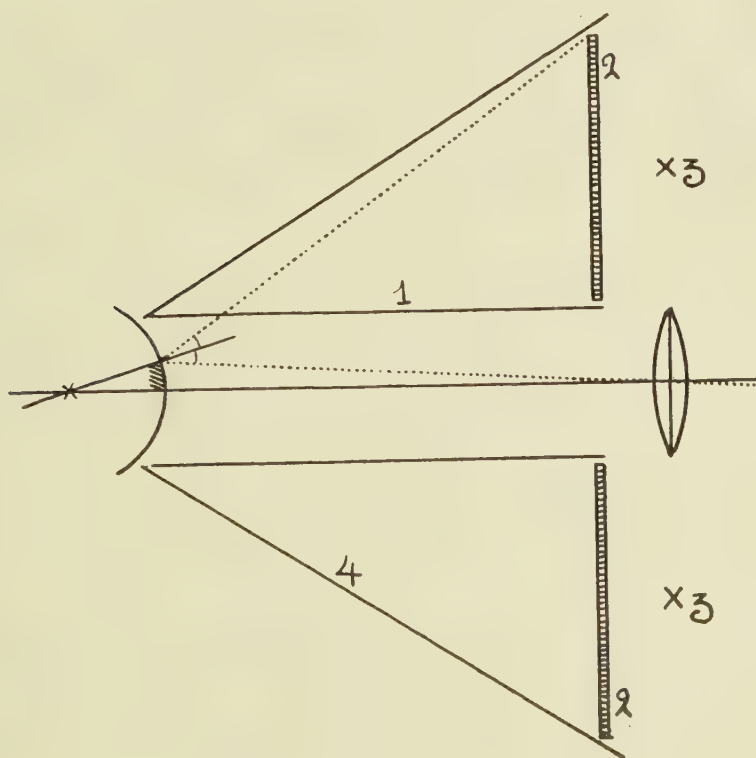


Fig. 11. De verlichting van de cornea (direct en indirect).

1 is het samenstel van ringen, 2 de plaat van opalineglas, 3 de daarachter opgestelde lichtbronnen. Het spreekt vanzelf, dat op deze wijze slechts een klein gedeelte van het cornea-beeld direct wordt verlicht. (zie stippellijn en gearceerde gebied).

Het perifere gedeelte van de buis nu wordt bestraald door licht, dat van de opalineschijf wordt teruggekaatst door een kegelvormig metalen oppervlak, dat om de buis is aangebracht (4). De lichtsterkte zal hierdoor wel in de perifere helft van het veld iets minder zijn dan in de meer centrale gedeelten, doch dit is eer een voor-dan een nadeel, omdat deze perifere gedeelten zich dichter bij de cornea bevinden, en alleen daar-door reeds lichtsterker worden afgebeeld. De eene afwijking heft de andere in de praktijk nagenoeg op, zoodat in het fotografische beeld geen verschil in lichtsterkte is waar te nemen.

Ook de glazen buis, waarin de ringen oorspronkelijk waren aangebracht, had verschillende bezwaren. De voornaamste moeilijkheid was, om de ringen stevig en toch onzichtbaar op het glas te bevestigen. De doorschijnende celluloidkit die ik gebruikte gaf weer brekingsverschijnselen, waardoor de rand der ringen vertrokken werd weergegeven.

Tenslotte ben ik er toe overgegaan, de buis geheel weg te laten, en de ringen geheel vrij „in de lucht” op te hangen. Er moeten dan natuurlijk op de een of andere wijze steunsels worden aangebracht. Het *is* mogelijk, deze zoo te maken dat zij in de foto geheel onzichtbaar zijn; ik heb er de voorkeur aan gegeven hen een zoodanigen vorm te geven, dat zij in het ringenbeeld als twee loodrecht op elkaar staande meridianen weergegeven worden.

De reden hiervoor is, dat deze meridianen een uiterst nuttige functie kunnen verrichten: *met behulp hiervan is nl. een zeer nauwkeurige centreering mogelijk.*

Alleen als de buis en het oog volkomen gecentreerd zijn, staan de beenen van het kruis loodrecht op elkaar en liggen twee aan twee in elkaars verlengde; bij de geringste afwijking treedt onmiddellijk een vervorming van de rechte hoeken op. En, zooals bekend, kan het oog een kleine „knik” tusschen

twee lijnen, die in elkaars verlengde behoorden te liggen, buitengewoon scherp waarnemen. Een decentreering van 1 mM blijkt reeds goed waarneembaar te zijn.

Bij het instellen van het toestel is, dank zij deze meridianen, in een oogwenk een zuivere centreering mogelijk, iets wat bij mijn oorspronkelijke toestel vrijwel ondoenlijk was. (zie fig. 24, klinische deel).

Het maken, speciaal van de meest naar voren gelegen ringen, bleek nog enkele onverwachte moeilijkheden op te leveren. Toch staat of valt met de perfectie hiervan de bruikbaarheid van het geheele toestel, en eerst na vele mislukkingen ben ik er in geslaagd, deze moeilijkheden te overwinnen.

Het bleek al spoedig, dat voor een zuiver rond zijn het noodzakelijk was, de ringen op de draaibank te maken, wat voor de dikke ringen aan het einde der buis niet het minste bezwaar oplevert. Maar de ringen aan het andere uiteinde hebben slechts een dikte van $\pm 0,3$ mM, en worden dus tamelijk teer. Het gelukte nu niet, deze zonder meer uit een messingbuis te draaien; op het laatste moment, als de ring los moet laten, wordt hij onherroepelijk door de punt van den beitel in elkaar gedrukt.

Ik vond tenslotte een oplossing op deze wijze, dat ik een messingbuis eerst van binnen op de verlangde maat afdraaide, en de buis daarna vulde met gesmolten hars (kolophonium). De ring heeft nu een stevigen ondergrond, die hem tot het laatst toe op zijn plaats houdt, dus feitelijk op dezelfde manier als het celloidine of paraffine het ons mogelijk maakt, dunne coupes van het teerste weefsel te vervaardigen.

Als de ring geheel af is, wordt hij eenvoudig van de hars afgesmolten, en de laatste resten hars worden met alcohol van het metaal verwijderd.

Men zou ook voor het opvullen *lood* kunnen gebruiken, dat later werd uitgesmolten; doch het lood laat zich op geen enkele wijze „restlos” van den ring verwijderen, zonder dezen ernstig te beschadigen.

Dan wordt de ring op zijn plaats gezet, en empirisch vastgesteld of hij de juiste dikte heeft. Is hij te dun, dan is hij onbruik-

baar en moet opnieuw gemaakt worden, is hij te dik, dan wordt hij door slijpen met fijn amarilpoeder op de juiste maat gebracht.

Het laat zich begrijpen, dat het maken van de ringenkoker een allesbehalve eenvoudig werk is; het kostte inderdaad meer tijd dan de constructie van de geheele rest van het toestel.

Zijn alle ringen goed bevonden, dan worden zij gesoldeerd in de inkepingen, die vooraf, volgens de op blz. beschreven methode, op de juiste afstanden in een van de koperen „me-



Fig. 12. De vorm van een „meridiaan”
(ware grootte).

ridianen” zijn gemaakt. (zie fig. 12). Deze meridiaan is natuurlijk ook aan het cornea-uiteinde smaller dan aan den anderen kant, omdat het cornea-uiteinde veel sterker vergroot wordt afgebeeld. Het juiste verloop laat zich gemakkelijk empirisch vinden, en in het cornea-beeld zijn dus de meridianen over hun geheele lengte even breed.

Na contrôle, of nu inderdaad alle ringen den goeden afstand en de juiste dikte hebben, worden ook de drie andere meridianen aangesoldeerd, en vormt de ringenbuis een onverbrekkelijk en tamelijk stevig geheel. (zie fig. 13).

Verder worden twee koperen steunsels aangebracht (in fig. 13 zichtbaar; 4 in fig. 14), vanuit het oog gezien verborgen achter twee der meridianen. Met deze steunsels wordt de ringenbuis opgehangen in de aluminium trechter, die als reflector, en tevens als bescherming dienst doet (zie fig. 11, en 2 in fig. 14)

Aan de achterzijde wordt, zooals reeds eerder werd aangegeven, deze trechter afgesloten door een schijf van opalineglas (6 in fig. 14).

Dit is gewoon vensterglas, met een dun laagje melkglas overtrokken. Het wordt o.a. bij de bekende „Argenta” lampen toegepast.

In het midden heeft deze schijf een ronde opening van ruim 2 cM doorsnede.

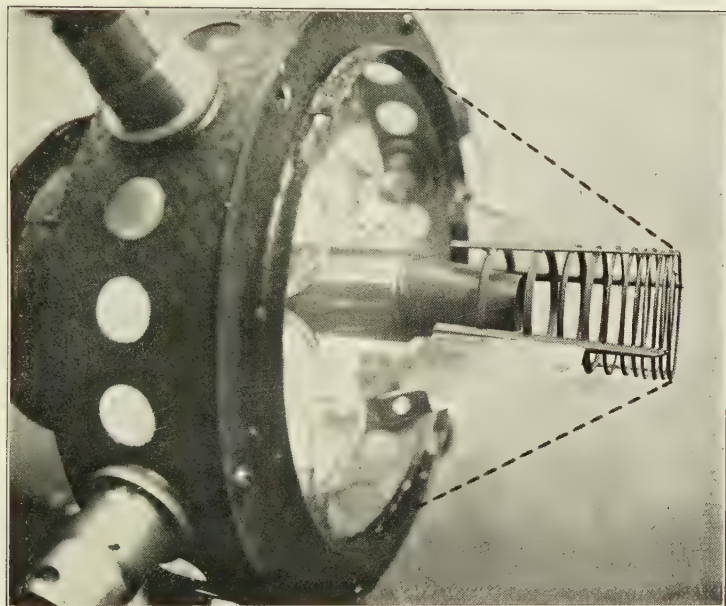


Fig. 13. De ringenbuis in situ; reflector en opalineplaat zijn afgenomen. Men ziet tevens de stervormig gerangschikte lampen, de vernikkelde objectiefbuis met de conische „Sonnenblende”, en de twee vleugels waarmee de ringenbuis in den reflector is opgehangen.

De verlichting geschiedt door zes (auto)lampen van 12 Volt, 50 kaars, die in een ronde ruimte stervormig zijn gerangschikt (11). Deze lampen zijn achter elkaar geschakeld, en verbruiken bij een spanningsverlies van 72 Volt tezamen $\pm 2,5$ Amp. De trechter 2 wordt door een drietal klauwen, waarvan één in de tekening zichtbaar is (8), stevig op het lampenhuis bevestigd.

De verbinding tusschen trechter en lampenhuis is veerend; door het minder of meer aandraaien der schroeven van de klauwen kan de trechter, en daarmee de ringenbuis, zuiver gecentreerd worden.

Het objectief (9) bevindt zich ongeveer in het midden tusschen de lampen. Om het tegen de sterke hitte zooveel mogelijk te beschermen, is het omgeven door een van buiten vernikkelde buis (7), waarin het met een drietal stelschroeven (10) zwevend is opgehangen, zoodat het ook nog door een isoleerende luchtmantel is omgeven.

Aan de voorzijde draagt deze beschermbuis een eenigszins conisch verlengstuk, dat zich nog een eindweegs tusschen de ringen voortzet. (zie fig. 13, en 3 in fig. 14). Dit verlengstuk doet a.h.w. als „Sonnenblende” dienst, het beschermt het objectief tegen schuin invallende stralen, die van den reflector 2 zouden kunnen uitgaan. Zonder dit onderdeel zouden alle platen een sterken sluier vertoonen, wat bij de opnamen met mijn eerste toestel ook inderdaad het geval was.

Op den grens van „Sonnenblende” en objectiefbuis is ook nog een diaphragma (5) aangebracht, om lichtstralen, door de binnenzijde van het conische stuk zelf teruggekaatst, onschadelijk te maken.

De objectiefbuis houdt tevens met zijn uiteinde (bij 5) de melkglasplaat stevig in haar sponning gedrukt.

Een enkel woord moet ook nog aan de *zoeker-inrichting* worden gewijd. Het spreekt vanzelf, waar bij dit toestel de instelling zoo zorgvuldig moet gebeuren, dat het uitgesloten is het beeld eerst in te stellen op een matglas, en hierna in de plaats van het matglas een cassette met plaat te schuiven. Integendeel: de plaat moet van te voren kant en klaar zijn voor de opname, en het beeld moet tot op dat moment zichtbaar

blijven, dus iets dergelijks als bij de reflex-camera's wordt toegepast.

Bij mijn oorspronkelijk toestel werd de oplossing zóó verkregen, dat de stralen uit het objectief door een prisma in een zijdelingsche zoekerbuis werden afgeleid. Op het moment der opname draaide dit prisma opzij, en werd daarmee de belichting vrij gegeven. Dit systeem bleek in de praktijk niet zeer te voldoen, ik heb daarom nu een *gedeeltelijke* terugkaatsing toegepast met een planparallel glasplaatje (15). Dit kaatst $\pm 15\%$ van het licht in den zoekerbuis (18) en laat 85% passeeren.

Drukt men nu den sluiters (17) open, dan wordt door het glasplaatje heen de plaat (28) belicht.

Ook aan deze methode zijn enkele nadeelen verbonden: het zoekerbeeld wordt lichtzwak, en het matglasbeeld verliest 15% van zijn lichtsterkte. Dit laatste is erger, want daardoor wordt de belichtingstijd verlengd, dus men loopt meer kans op onscherpte. Een zeer groot voordeel is evenwel, dat het beeld ook *tijdens* de opname zichtbaar blijft, dat de sluiters geheel geruischloos werkt, en de geheele inrichting zeer stabiel is te maken.

Sluiter en planparallelle plaat zijn in een apart huis ondergebracht, dat van het lampenhuis door een smallen lichtspleet (12) gescheiden is, ook alweer om verhitting tegen te gaan.

Aangezien natuurlijk zoowel voor- als achterzijde van het glasplaatje een beeld weerkaatsen, zou dit tot een onaangename verdubbeling kunnen leiden van het zoekerbeeld. De doorgaande stralen zouden een zijwaartsche verschuiving ondergaan, waardoor de kwaliteit van het beeld op de gevoelige plaat achteruit zou gaan. Om dit te voorkomen, moet de plaat zoo dun mogelijk zijn. Het beste bleek mij een mikroskopisch dekglaasje, dat slechts 1/10 mm dik is, en absoluut geen merkbare dubbelbeelden geeft.

Alleen moet er zorgvuldig voor gewaakt worden, dat het uiterst buigzame plaatje zonder eenige spanning gemonteerd wordt, daar anders onmiddellijk een sterke verwringing van het beeld optreedt. Zelfs het zacht aanraken met den vinger is voldoende, om het beeld in den zoeker geheel te misvormen.

Het plaatje rust daarom geheel los op vier punten b (fig. 14c), die uitsteken van den wand van het huis a, en wordt slechts op zijn plaats gehouden door een enkelen droppel was aan één der hoeken.

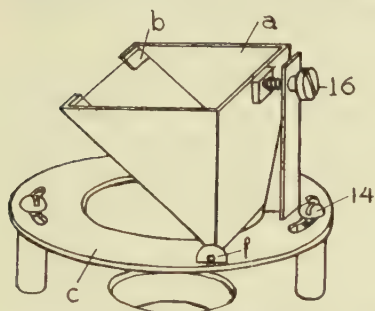


Fig. 14c. De ophanging van het planparallelle glasplaatje.

Ten einde een nauwkeurige overeenkomst mogelijk te maken tusschen het beeld in den zoeker en dat op het matglas (met name een gelijke centreering), moet de gang der lichtstralen in het zoeker-deel op alle mogelijke

wijzen variabel zijn. In de eerste plaats is het huis a daartoe gemonteerd op een ring c, die na losmaken der bevestigingschroeven (14 in fig 14 b en c) over een zekeren afstand gedraaid kan worden. De lichtbundel beweegt dan dus van links naar rechts, en omgekeerd.

Ten tweede kan de lichtbundel op en neer bewogen worden met den stelschroef 16, die het huis om het asje f doet kantelen.

Voor een laatste nastelling na montage van het toestel, is nog de schroef 20 (fig. 14b) aangebracht.

Vervolgen wij den gang der lichtstralen door de zoekerbuis 18, dan zien wij aan het einde hiervan een lens 19. Deze lens ontwerpt, tezamen met de veldlens 22 van het oculair 24, een beeld van het cornea- beeldje in het vlak 23, waarin zich een kruisdraad bevindt. Beeld en kruisdraad samen worden waargenomen door het oculairlensje 25, dat voor scherpstellen in- en uitgeschroefd kan worden.

Het prisma 21 is draaibaar gemonteerd, zijn stand kan door de centreerschroef 20 veranderd worden.

Achter den sluitser 17 volgt de camera-buis, waarin nog een diaphragma 26 is aangebracht, om reflexen onschadelijk te maken. Om te kunnen zorgen, dat het zoekerbeeld in 23 en het „matglasbeeld” in 28 altijd gelijktijdig scherp zijn, is aan het einde van de camera-buis een uitschuifbaar gedeelte 27 aangebracht, dat een scherp instellen veroorlooft. Is eenmaal bereikt, dat de beelden in den zoeker en op de fotografische

plaat volkomen overeenstemmen, dan behoeft aan de lengte van de camerabuis en aan den stand van glasplaatje en prisma nooit meer iets veranderd te worden.

Aan het uiteinde der buis, vlak vóór de fotografische plaat, bevindt zich aan de onderzijde een driehoekig uitsteeksel, dat op de plaat als een zwart puntje wordt afgebeeld. Dit geeft dus den bovenkant van de foto aan, ter vermijding van vergissingen (zie de foto's in het klinische deel).

Het toestel is gemonteerd op een gewone instrumententafel met kinsteun en kruistafel volgens Zeiss, en kan dus op de wijze van de gewone oogheekkundige onderzoekingsinstrumenten gebruikt worden.

De foto's worden gemaakt op formaat $4,5 \times 6$ cM. Het verdient aanbeveling zoo snel mogelijke platen te gebruiken, om met een minimum belichtingsduur te kunnen volstaan. Ik gebruikte platen van ongeveer 700 H & D (Lumière S-E, of Imperial „Eclipse"). Een antihalo-laag is niet noodzakelijk, doch verdient wel aanbeveling.

Tegenwoordig zijn er *panchromatische* platen in den handel, die voor de rood-gele stralen van het electrisch gloeilicht de enorme gevoeligheid van 2400 H & D zouden hebben. De onderzoekingen van Fischer (21) en Tagawa (22) hebben het evenwel waarschijnlijk gemaakt, dat de terugkaatsing van het cornea-epitheel des te sterker wordt, naarmate men meer gebruik maakt van stralen van korte golflengte. Hoe meer het gebruikte licht naar het rood verschoven wordt, hoe meer invloed het *vloeistoflaagje* op de cornea voor de reflectie krijgt. Om een zoo zuiver mogelijke afbeelding van het eigenlijke cornea-oppervlak te krijgen, kunnen dus beter platen gebruikt worden die niet gevoelig zijn voor geel en rood. Gaat het erom, een zoo goed mogelijk inzicht te krijgen in de functie van het oog voor zoover dat door de cornea wordt beïnvloed, dan zou men wellicht van de panchromatische platen met goed gevolg gebruik kunnen maken, daar immers juist voor het zien de blauwe en violette stralen van minder belang zijn dan de roode en gele. Men heeft dus met panchromatische platen de meeste kans, een beeld te krijgen van de

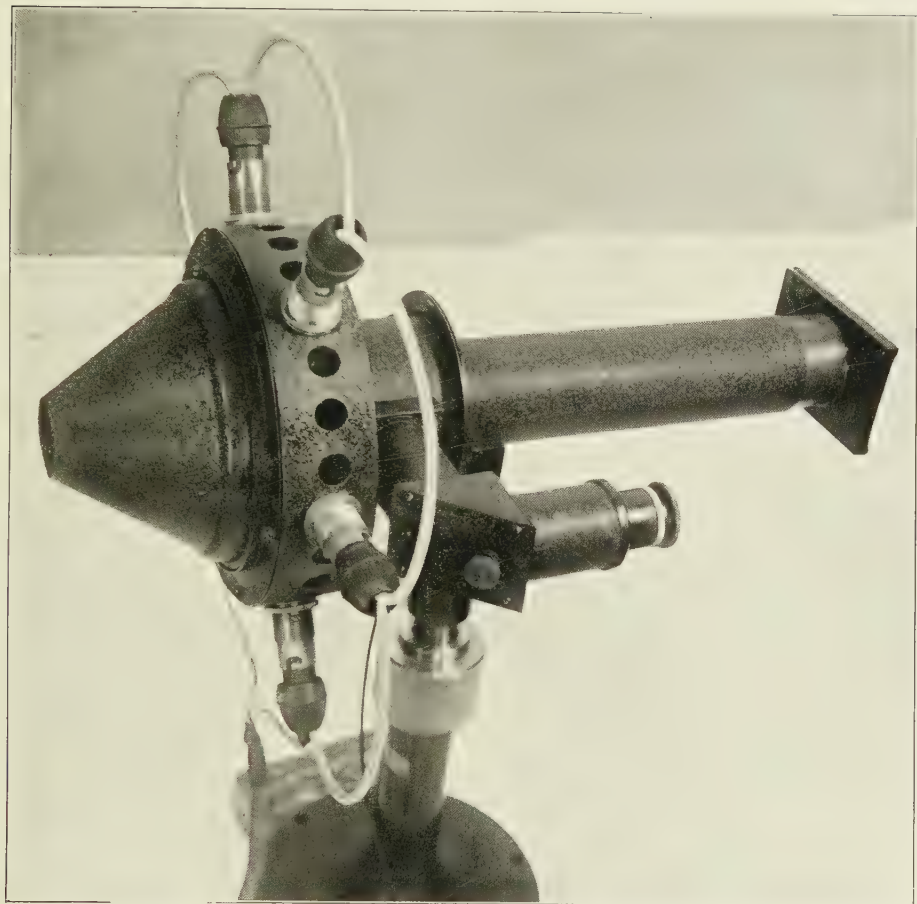
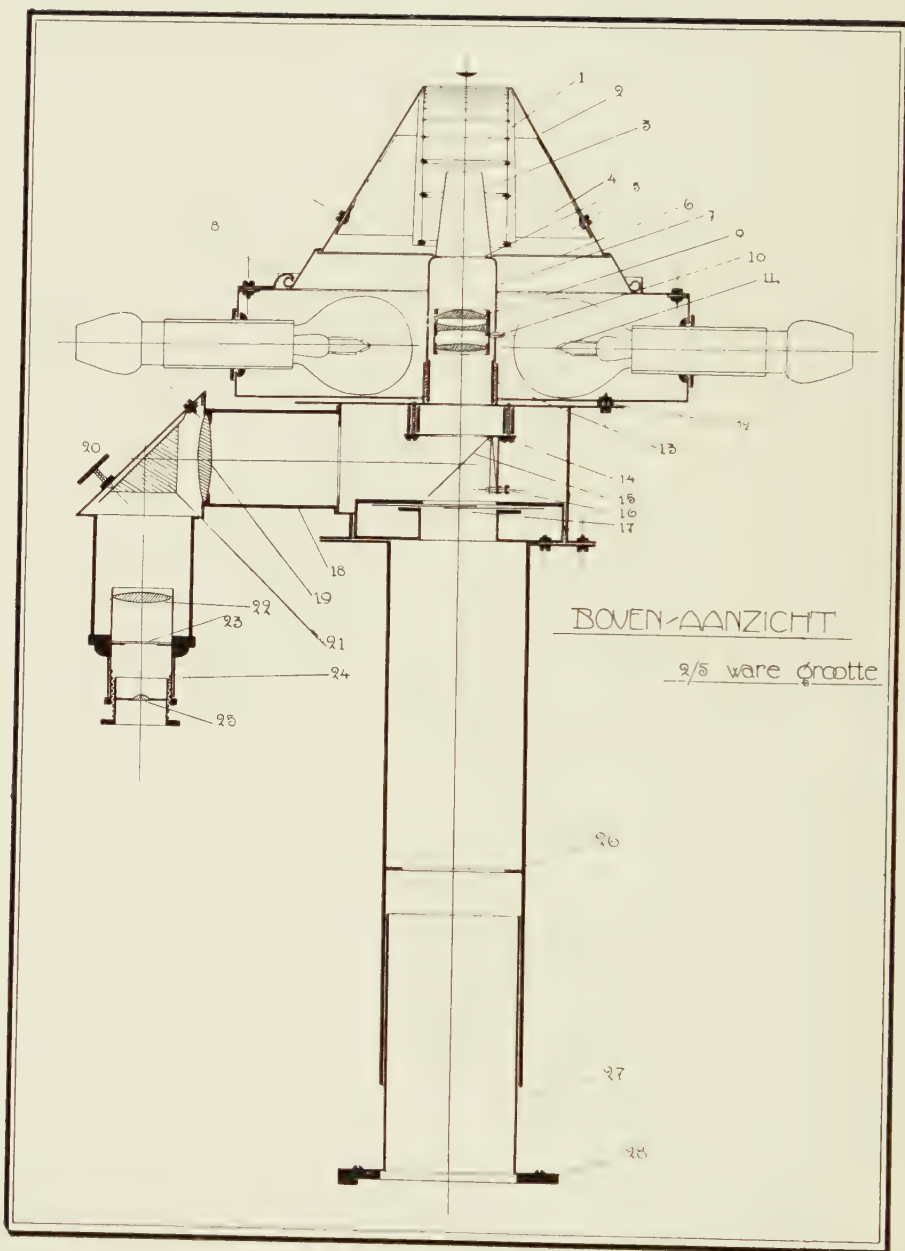


Fig. 14A.



werkzame brekende oppervlakte van het oog (cornea-epitheel en vloeistoflaagje samen). Zie ook blz. 47.

Aangezien de gebruikte uiterst gevoelige platen altijd een eenigszins flauw beeld dreigen te geven, worden zij ontwikkeld met een uiterst hard en krachtig werkenden ontwikkelaar.¹⁾

De afdrukken worden gemaakt op hardwerkend gaslichtpapier, dat zoo noodig met denzelfden ontwikkelaar wordt behandeld.

In geen der afbeeldingen is retouche, van welken aard ook, toegepast.

1) A	Hydrochinon	25
	Kal. metabisulf.	25
	Broomkalium	25
	Water tot	1000
B	Natriumhydroxyd puriss.	50
	Water tot	1000
Voor het gebruik gelijke deelen A en B mengen.		



HOOFDSTUK V.

(OPPERVLAK EN BEELD).

Wij zijn bij de voorafgaande beschouwingen en proeven steeds uitgegaan van de veronderstelling, dat de cornea een zuiver bolsegment was, met een volmaakt glad oppervlak.

Nu is evenwel het hiervóór beschreven toestel juist ontwikkeld, om *afwijkingen* van dezen idealen vorm te registreeren, en het zal dus noodig zijn te onderzoeken, hoe deze afwijkingen het oorspronkelijke ringenbeeld beïnvloeden.

Tot nog toe is dit nooit systematisch nagegaan; feitelijk alle onderzoekers vergenoegden zich ermede, uit het ringenbeeld van de schijf van P l a c i d o tot een „onregelmatigheid” van het oppervlak te concludeeren, zonder op den *vorm* van deze onregelmatigheid dieper in te gaan. Toch zal blijken, dat het zeer goed mogelijk is deze afwijkingen te classificeeren, en de oppervlaktevorm vast te leggen waardoor zij worden veroorzaakt.

Voor het grootste deel is dit langs theoretischen weg mogelijk, toch is het wenschelijk, onze resultaten voortdurend aan de praktijk te toetsen om niet op verkeerde paden te geraken. Voor de meer gecompliceerde vormen is het experiment verreweg de zekerste en kortste weg.

Ik gebruikte bolvormige proefobjecten van koper, langs galvanischen weg verkregen, van ± 4 c.M. middellijn.

Nadat het koperneerslag voldoende dikte heeft verkregen, wordt het object van den vorm afgenomen, gepolijst en vernikkeld. Met een paar instrumentjes voor metaaldrijven is het dan zeer eenvoudig, in het oppervlak elke verandering aan te brengen die men wenscht.

Houdt men het proefobject dan vóór een ringenbuis, dan laten zich de veranderingen aan het ringenbeeld zeer gemakkelijk bestudeeren, en het is op deze wijze mogelijk, om door analoge veranderingen in het spiegelbeeld van de *cornea* met zekerheid vast te stellen, met welke afwijking in haar oppervlak wij te maken hebben.

Hoe gecompliceerd ook de door trauma of ziekte ontstane oppervlakteveranderingen kunnen wezen, wij kunnen deze tenslotte toch alle definieeren als *een plotselinge of geleidelijke verandering in de kromtestraal van het oppervlak daar ter plaatse*.

Verandering in kromtestraal heeft, gelijkblijven van den voorwerpsafstand vooropgesteld, een verandering in de *vergrooting* tengevolge, en alle afwijkingen die wij in ons spiegelbeeld vinden, zijn dus niets anders dan onregelmatige veranderingen in de vergrooting van verschillende deelen van het beeld.

Evenwel wordt de zaak gecompliceerd door het feit, dat in werkelijkheid ook de *voorwerpsafstand* niet constant is, immers heeft elke ring van het proefobject een anderen afstand tot het cornea-oppervlak.

Wij zullen dus zeer in 't algemeen moeten onderzoeken, hoe kromtestraal, voorwerpsafstand en vergrooting samenhangen.

Dit vinden wij uit de bekende formules :

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \qquad \text{vergrooting } V = \frac{b}{v}$$

Hieruit volgt :

$$V = \frac{f}{v-f}, \text{ indien } f \text{ positief is (holle spiegel)}$$

$$V = \frac{f}{v+f}, \text{ indien } f \text{ negatief is (bolle spiegel).}$$

Uit deze laatste vergelijkingen kunnen wij de volgende algemeene conclusies trekken :

1e *Bij groter worden van v , wordt V kleiner.* Dit wisten wij reeds lang, immers dit is de reden waarom wij de afstanden van de ringen tot elkaar en hun dikten, voor elken afstand tot de cornea verschillend moesten maken.

2e *Bij groter worden van f , wordt V groter.* Dit is een belangrijke verhouding, want hieruit volgt dat wij uit een plaatselijk *vergroot* weergeven van ons object kunnen besluiten tot een *grootere* kromtestraal daar ter plaatse, m.a.w. tot een *afplatting* der cornea, en omgekeerd.

3e *Hoe groter v is, des te minder invloed heeft verandering*

van f op de grootte van V . Hieruit moeten wij de misschien onverwachte conclusie trekken, dat oppervlakteveranderingen gevoeliger worden weergegeven door de ringen die zich vlak bij de cornea bevinden, dan door de ringen die verderaf geplaatst zijn, wat dus bij de toegepaste cylindervorm van ons proefobject daartoe leidt, dat perifeer gelegen veranderingen, die immers worden geregistreerd door vlak bij de cornea gelegen ringen, veel sterker vergroot worden weergegeven dan centraal gelegene.

Dit is ongetwijfeld een nadeel van de methode, aangezien immers juist centraal gelegen veranderingen van de cornea voor de functie van het meeste belang zijn, maar zij is absoluut onvermijdelijk. Wij moeten de methode dus beoordeelen naar haar gevoeligheid voor *centraal*, resp. *paracentraal*, gelegen afwijkingen, en haar meerdere sensibiliteit voor perifere veranderingen min of meer als „extra toegift” beschouwen.

ASTIGMATISMUS.

In het algemeen gaan wij, bij het beoordeelen van een keratogram, allereerst na het verloop van elk ringenbeeld afzonderlijk, en de belangrijkste conclusies zijn te trekken uit de afwijkingen van den zuiveren cirkelvorm, die daarbij kunnen ontstaan. Eén ring houdt over zijn geheele verloop een constanten afstand tot de cornea, v is dus constant.

Uit vergelijking (2) volgt, dat de vergrooting toeneemt, als de kromtestraal groter wordt. Waar de cornea dus een zwakkere kromming heeft, wordt de dikte van den ring groter afgebeeld. Maar wij kunnen als „object” ook aannemen de lichtende tusschenruimte tusschen twee ringen, ook deze wordt dus groter afgebeeld. Hetzelfde geldt voor een volgenden ring, enz. Ter plaatse van een grootere kromtestraal wordt dus het geheele ringenbeeld vergroot. (fig. 15).

Bij regelmatig astigmatismus, waar de verandering der kromming volkomen regelmatig plaats vindt, zal de vorm der ringen min of meer elliptisch worden, en wel zoodanig dat de lange as der ellips gelegen is in het vlak van de

grootste kromtestraal. Bij astigmatismus „naar den regel” (Javal verticaal), zal de ellips dus liggend zijn, bij astigmatismus inversus (Javal horizontaal) zal de ellips zich staande vertoonen.



Fig. 15. Regelmatige verandering der kromtestraal.

Bij onregelmatig astigmatismus tenslotte zal een verbreding van het ringenbeeld wijzen op een *afplatting*, een verkleind weergeven op een *sterkere kromming* dan normaal.

FACETTEN.

Een belangrijke afwijking, die vaak aan de cornea gevonden wordt, is de facet, die ook in het algemeen een afplatting van de cornea is, maar in tegenstelling met het astigmatismus in engeren zin, een *plotselinge*, sprongsgewijze optredende vergroting van de kromtestraal.



Fig. 16. Facet (theoretisch).

Juist door dit sprongsgewijze optreden ontstaan enkele typische beelden, die wij telkens weer in de keratogrammen aantreffen. Het blijkt nl., dat de overgang van facet in normale cornea niet *scherp* is, zooals men bijv. krijgen zou als men op een metallisch boloppervlak met een slijpsteen een facet zou slijpen, doch bijna altijd geleidelijk, dus met een rond randje.

Een facet van de eerste soort zou natuurlijk alleen geven een sterk vergroote (*relatief* vergroote) afbeelding van den ring, die toevallig door haar gespiegeld werd, en de andere ringen geheel ongemoeid laten (fig. 16). De facet van de tweede soort geeft in haar midden hetzelfde beeld, doch het ronde randje aan haar grens is op zichzelf juist een spiegel met een zeer kleine straal, en geeft dus een veel sterker verkleind beeld

dan de rest der cornea. (Zie torische oppervlakken, blz. 43).

Aan den rand van de facet zijn dus de ringen a.h.w. naar elkaar toe geknepen, zoodat het geheel een beeld geeft, als in fig. 17 A weergegeven (Zie ook klinische gedeelte afb. 41 en 47).

De kromming van de facet kan tenslotte 0 worden, en zelfs negatief. Dan ontstaat dus in het bolle cornea-oppervlak een *hol* spiegeltje. Is de straal hiervan grooter dan den voorwerpsafstand, dan ontstaat een vergroot, virtueel beeld, achter de cornea liggend. In de meeste gevallen zal een dergelijke facet wel kleiner zijn dan de ring die door haar gespiegeld wordt,



Fig. 17. Facetten, geleidelijke overgang.

zij wordt in dat geval dus door het beeld van den ring geheel opgevuld, lijkt dus geheel zwart. Spiegelt zij toevallig een ruimte *tusschen* twee ringen, dan kan zij geheel wit lijken. (fig. 17 B).

Is de facet voldoende klein, en haar kromtestraal groot, dan kan iets dergelijks ook bij een positieve kromming nog optreden.

In elk geval volgt uit het bovenstaande, dat men uit een witte, „leege” plek in het ringenbeeld *niet* zonder meer mag

besluiten tot een niet spiegelen, dus een dofheid daar ter plaatse. Dit kan men alleen dan met zekerheid besluiten, als op een serie foto's, waar de plek telkens een andere ligging heeft t.o.v. de ringen, zij *altijd* wit blijft.

SPHERISCHE OPPERVLAKKEN.

Wordt de kromtestraal der facet nog kleiner, zoodat zij feitelijk een „kuiltje” in het oppervlak wordt, dan levert zij een reëel, omgekeerd, verkleind beeld. In vele gevallen zal dit beeld *voor* de cornea-oppervlakte liggen, het wordt dan dus in de gewone foto onscherp, resp. onzichtbaar. Wil men dit beeldje weergeven, dan moet men er dus speciaal op instellen, ten koste van de bruikbaarheid van de rest van het beeld.

Tenslotte kan de kromtestraal van het spiegeltje zóó klein

worden, dat zijn beeld in, of zelfs achter het cornea oppervlak komt te liggen. Nu is het merkwaardige, dat ook een klein *bol*

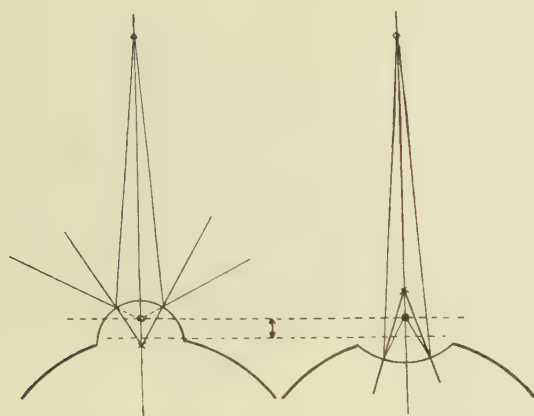


Fig. 18. Mogelijkheid van gelijke plaats der beelden, door een hol en een bol spiegeltje ontworpen.

spiegeltje, een blaasje bv., een dergelijk beeld vlak voor of achter de cornea kan geven (fig. 18).

Alleen is hier het beeld natuurlijk rechtopstaand, waardoor in de meeste gevallen tusschen die twee wel onderscheiden kan worden. Bij het omgekeerde beeld loopen nl. de ringen in tegenovergestelde richting als de omgevende (fig.

19 A), bij het rechtopstaande beeld (bollen spiegel) in dezelfde richting (fig. 19 B).

Soms evenwel ligt het spiegeltje bijna centraal, en spiegelt een groot gedeelte van ons proefobject. In dat geval kan het ondoenlijk zijn, tusschen de twee mogelijkheden te onderscheiden. Een fraai voorbeeld hiervan toont fig. 42 van het klinische gedeelte, waar men een gedeelte van de ringen sterk verkleind gespiegeld ziet door een *bol* spiegeltje (Descemetokèle). Men ziet ook, dat het beeldje veel verder naar voren ligt dan de rest van het spiegelbeeld. Op deze rest



Fig. 19. Hol en bol spiegeltje.

is in fig. 41 scherp ingesteld, van de descemetokèle is op deze foto niets te zien dan een wazige plek. Op de andere figuur (42) is juist op het kleine spiegelbeeldje ingesteld, en de rest van de figuur is daardoor geheel wazig.

Men meene niet, dat dergelijke zuiver bolvormige „spiegel-

tjes'' zeldzaam zijn, haar vorm wordt min of meer begünstigd door de natuurwet, die altijd tracht de oppervlaktespanning zoo gering mogelijk te doen zijn. Hierdoor is allereerst een blaasje bijna zuiver bolvormig, en anderzijds tracht daardoor de vloeistof die een uitholling in de cornea altijd bekleedt, ook een zooveel mogelijk regelmatig oppervlak aan te nemen. (Zie evenwel ook Torische oppervlakken, blz. 43).

Men ziet een dergelijk, zeer zuiver hol spiegeltje soms in een cornea, waaruit voor langeren tijd een diepliggend vreemd lichaam, een stukje ijzer bijv., is verwijderd. Er blijft dan dikwijls een klein, doch diep defect in het stroma over, met geheel helderen rand en bodem, en hier kan men vaak zeer fraai het boven beschreven verschijnsel waarnemen.

TORISCHE OPPEVLAKKEN.

Een andere vorm van „uithollingen'' van de cornea, die niet zoo heel zeldzaam is, laat zich minder gemakkelijk beschrijven. Haar vorm op doorsnede is schematisch in fig. 20 A aangegeven.

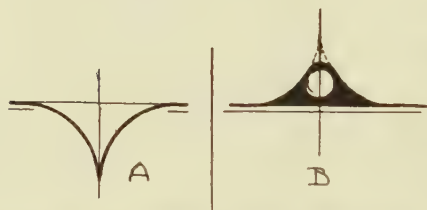


Fig. 20. A: negatief torisch oppervlak.

B: positief torisch oppervlak; zijn ontstaan door een luchtbelletje.

Men krijgt van een dergelijken vorm den besten indruk, wanneer men in een elastisch oppervlak, bijv. een gummi bal of een dun metaaloppervlak, met een puntig voorwerp een indruk maakt; het is dus een kuiltje met *bollen* rand, in tegenstelling met de

bovenbeschreven spherische oppervlakken, die juist een *hollen* rand hebben.

Neemt men bij benadering aan dat de doorsnede van dezen rand cirkelvormig is, dan is de vorm van het geheel te definiëeren als het oppervlak dat ontstaat als een cirkelsegment wentelt om een willekeurige as, dus m.a.w. een *torisch* oppervlak.

Feitelijk zijn de spherische oppervlakken slechts een bijzonder geval hiervan, de omwentelingsas gaat hier nl. juist door het middelpunt van het cirkelsegment. Wordt de omwentelingsas oneindig groot, dan gaat het torische oppervlak in een cilindrisch over.

Een dergelijk torisch oppervlak geeft een zeer typisch keratografisch beeld, dat in fig. 21 A is weergegeven. Er zijn vele variaties mogelijk, maar altijd krijgt men *twee* afbeeldingen van de ringen, min of meer boonvormig tegen elkaar gelegen. Aan den rand worden de ringen weer op dezelfde wijze samengedrongen als bij de facet van fig. 17; trouwens, ook de bolle rand van de facet is niet anders dan een torisch oppervlak, alleen is hier de as aan de binnenzijde van de kromming gelegen.



Fig. 21. Negatief torische oppervlakken.

Ik heb de hier beschreven merkwaardige vorm enkele malen waargenomen in corneae, onmiddellijk nadat er met den scherpen beitel een diepliggend vreemd voorwerp uit verwijderd was. Het is mij tot nog toe niet gelukt, er een keratografisch vast te leggen. Zij zijn meestal zeer klein, en de geringste onscherpte maakt hun reeds op de plaat onzichtbaar.

Wordt de torische uitholling minder diep, dan ontstaan minder typische en zeer wisselende vormen, waarvan in fig. 21 B een is weergegeven. Tusschen deze en de spherische vormen van fig. 17 en 19 bestaan allerlei overgangen.

Deze figuren ziet men in velerlei gestalte op onregelmatig astigmatische corneae, vooral na keratitis scrophulosa en parenchymatosa. (Zie ook klinische deel fig. 36 en 41).

Van tijd tot tijd ziet men op het cornea-oppervlak ook het tegengestelde van de hiervoor beschreven vormen, nl. *positieve*, dus boven het oppervlak verheven torische vormen. (fig. 20 B).

Ook zij geven een zeer kenmerkend ringenbeeld; op de plaats van de verhevenheid zijn nl. een aantal ringen naar elkaar toegeknepen. Is de vormverandering groot, dan kan ook hier weer een dubbele afbeelding van de ringen tot stand komen (fig. 22 A), meestal evenwel ziet men slechts de kleine vorm van fig. 22 B.

Deze positieve torische vormen kunnen op twee wijzen tot stand komen: 1e door puntvormige infiltraten (klinische deel fig. 41b), 2e min of meer toevallig en zeer vluchtig door uiterst kleine luchtbelletjes op de cornea (klinische deel fig. 47). Het witte cirkeltje in fig. 20 B geeft een dergelijk luchtbelletje weer.



Fig. 22. Positief torische oppervlakken.

Zoo heb ik de „groote vorm” (22 A) enkele malen kunnen waarnemen bij acuut ontstane (scrophuleuze) infiltraties; evenwel waren de kinderen waar dit bij voorkwam altijd zóó lichtschuw dat een foto uitgesloten was.

De kleine vorm ziet men, in verschillende variaties, vrij dikwijls.

PLOOIEN EN MENGVORMEN.

Vormen die eveneens vaak op een zieke cornea-oppervlakte worden aangetroffen, zijn *lijnvormige* verhevenheden of verdiepingen, dus „richels” of „geulen”.



Fig. 23. Plooien (positief).

Deze werken op het spiegelbeeld op dezelfde wijze als in de voorgaande bladzijden voor spherische en torische vormen is aangegeven, alleen hebben wij hier natuurlijk met cilindrische spiegels te doen. Het is niet onverschillig, in welke richting de as hiervan verloopt t.o.v. de ringen.

Staat de as zuiver loodrecht op de ringen, dan ziet men dat deze worden uitgebocht, en wel naar buiten toe als de plooï verheven is (fig. 23A), naar binnen toe als de plooï verdiept ligt.

Loopt de as evenwijdig aan de ringen, dan krijgt men de

gewone spherische of torische afbeelding, alleen natuurlijk cylindrisch verteevend, a. h. w. in de lengte uitgerekt.

Heeft de as ten opzichte van de ringen een willekeurigen stand, dan krijgt men combinaties van deze mogelijkheden (fig. 23 B).

De hier beschreven vormen ziet men vaak na perforerende verwondingen, en ,minder fraai, soms bij keratitis dendritica. Deze „solitaire” plooien zijn bijna altijd *verheven* boven het oppervlak.

Een mengvorm van de bovenbeschreven afwijkingen is de *algemeene plooïing* van de cornea, die men soms zeer fraai kan waarnemen na een te stijf verband. (Klinische deel fig. 39 en 40.) Op kleineren schaal ziet men haar hier en daar op corneae met diepe keratitis wel optreden.

Men kan deze plooïing beschouwen als een verzameling kleine cylindrische spiegeltjes, zoowel holle als bolle. Elk van deze geeft een *verkleind* beeld van de ringen, dus een *aantal* ringen op een gebied, waar er normaal slechts een enkele zou vallen. Dit wordt, zij het in onregelmatigen vorm, over de geheele oppervlakte herhaald, zoodat in het algemeen een verveelvuldiging van het ringenbeeld resulteert.

Vindt men dus in een keratogram op een zeker gebied van de cornea een groot aantal zeer fijne ringenstukjes afgebeeld, dan kan men met zekerheid een plooïing of golving van het betreffende gebied aannemen. (Klinische deel fig. 43).

Vaak zijn dergelijke plooien weer gecombineerd met de bovenbeschreven spherische en torische afwijkingen, doffe plekken en derg., zoodat tenslotte een zeer gecompliceerd beeld kan ontstaan: het gewone beeld van een uitgebreide diepe keratitis, die tot aan de oppervlakte is voortgeschreden. (Klinische deel fig. 41 en 43).

Doffe plekken worden als egaal grijze gedeelten weergegeven, waarin soms nog vaag een spiegelbeeld is te herkennen. De fotografische methode blijkt hier zeer goed bruikbaar voor het vastleggen van de uitbreiding van een infiltraat bijv., en tevens van den toestand van het epitheel erboven door de meer of minder sterke spiegeling. (Zie klinisch gedeelte fig. 35.)

Voor al een *serie* opnamen, met korte tusschenpoozen ge-

maakt, kan zeer waardevol zijn, en geeft een vrij wat objectiever beeld van den voor- of achteruitgang van een ziekteproces dan een beschrijving alleen. (Klinische deel fig. 43, 44 en 45).

Naar mijn meening zal op den duur wel *hier* het meeste gebruik van de fotografische methode gemaakt kunnen worden, want tenslotte wordt het effect van de genezing toch beoordeeld naar de uiteindelijke *functie*, en de visus hangt niet minder af van het oppervlak dan van de doorschijnendheid van de cornea. Tegenwoordig, nu wij in de spleetlamp een schitterend middel hebben om de *doorschijnendheid* van de cornea te bestudeeren, doch wat den *vorm* van het oppervlak aangaat meestal volstaan met de eventueele irregulariteit van de beeldjes van den ophthalmometer, mag hierop wel de nadruk worden gelegd.

Gaat men alle gevallen goed na, dan blijkt de visusvermindering bij maculae corneae in het geheel niet parallel te loopen met de dichtheid der macula, doch veel meer afhankelijk te zijn van de onregelmatigheid van het oppervlak erboven. (Zie hierover ook klinische deel blz. 61).

Over vorm en graad van deze belangrijke afwijking geeft het toestel van J a v a l slechts zeer onvolkomen uitsluitsel, en dan alleen nog maar over het gebied, dat bij *nauwe* pupil voor het zien wordt gebruikt (2 à 3 mM). Voor het zien bij zwakkere verlichting wordt wel een gebied van 6 - 7 mM doorsnede benut, en een kleine onregelmatigheid hierin kan natuurlijk reeds een belangrijke functiestoornis tengevolge hebben.

Naast onze moderne onderzoekingsmethoden blijft daarom de primitieve „schijf van P l a c i d o" haar bestaansrecht behouden, en het is juist op grond van deze overwegingen dat ik de fotografische perfectioneering hiervan ter hand heb genomen.

Tenslotte kan men nog de vraag stellen: *wat* is eigenlijk het oppervlak, dat het spiegelbeeldje ontwerpt? Is het de vloeistoflaag, die de cornea altijd bedekt, en zoo ja, is het haar voor- of achtervlakte? Indien de spiegelende laag in de cornea zelf gelegen zou zijn, waar ligt zij dan?

F i s c h e r heeft zich in zijn eerste publicaties (21) veel moeite gegeven deze vraag te beantwoorden.

Haar oplossing heeft wellicht eenige waarde voor de uiterst fijne veranderingen, die met de reflexmethode worden weergegeven, voor de methode die hier beschreven wordt is haar nut evenwel zeer gering. En wel om de volgende reden: wij fotografeeren in elk geval het oppervlak van de laag, of de lagen, die het meeste licht reflecteeren. Uit deze reflectie volgt, dat dit oppervlak het grensvlak is van een plotselinge en sterke verandering in brekingsindex van de medien, die het licht doorloopt. Maar dit is dus ook het vlak, waarin de sterkste breking van de *doorgelaten* stralen plaats vindt, en deze zijn het, die voor de functie van belang zijn.

Wij zijn dus in elk geval zeker, dat wij een beeld krijgen van het *werkzame* oppervlak van de cornea, en waar nu precies dit vlak gelegen is kan ons, uit een praktisch oogpunt, onverschillig laten (zie hierover ook blz. 35).



HOOFDSTUK VI.

(KLINISCH DEEL.)

ALGEMEENE OPMERKINGEN.

Reeds bij de beschrijving van het toestel voor cornea-fotografie heb ik er op gewezen, dat er vooral naar gestreefd is het toestel poliklinisch bruikbaar te doen zijn, zoover dat doenlijk was zonder aan de theoretisch mogelijke prestaties afbreuk te doen.

De meeste van de hieronder gepubliceerde foto's zijn dan ook genomen van patienten, die de polikliniek van de Inrichting voor Ooglijders bezochten. Het maken van de foto eischt niet meer tijd dan bijv. een opname met de stereo-camera van Zeiss voor de voorste deelen van het oog, en veel minder voorbereiding dan een fundusfoto met de Nordenson-camera.

Mislukkingen komen zelden voor, doordat de belichtingstijd zoo kort is ($\frac{1}{4}$ sec.).

Er moet evenwel op gewezen worden, dat er zekere categorien van patienten zijn, waarbij geen opname mogelijk is.

De trechtervormige reflector aan de voorzijde van het toestel moet tot *vlak* bij het oog van den patient gebracht worden, omdat anders de ringenbuis niet dicht genoeg genaderd is om de geheele cornea met haar spiegelbeeld te bedekken. Ligt nu het oog zeer diep in de orbita, dan stuit de rand van den reflector reeds tegen den orbitaalrand voordat het beeld in den zoeker scherp wordt, en een opname is dan dus niet mogelijk.

Verder spreekt het vanzelf, dat *lichtschuwe* patienten geen geschikte objecten zijn. Of het oog wordt hardnekkig gesloten gehouden, of er treedt een zoo sterke tranenvloed op dat het geheele spiegelbeeld wordt misvormd.

Tenslotte heeft men soms moeilijkheden met patienten, die met het te fotografeeren oog niet behoorlijk het midden van

de ringenbuis fixeeren: kleine kinderen, pas geopereerde cataract-patienten, patienten met zeer slechten visus.

Eén kleine voorbereiding is evenwel soms wenschelijk. Het spiegelbeeld dat wij wenschen te fotografeeren ligt nl. enkele millimeters achter de cornea, dus vrijwel in het vlak van de iris. Deze wordt zelf ook vrij sterk verlicht, en wordt dus tezamen met de ringen op de plaat afgebeeld.

Meestal is de afbeelding vrij lichtzwak en daardoor niet hinderlijk, maar wanneer de iris zeer licht van kleur is kan zij de ringenteekening aanmerkelijk minder brillant maken.

Men vergeete niet, dat het door de cornea teruggekaatste licht slechts $\pm 2\%$ van het opvallende licht bedraagt (Fischer, l. c.); een blauwe of grijze iris kaatst zeker evenveel, zoo niet meer, terug, en zal dus het contrast tusschen ringen en tusschenruimten veel kleiner maken.

Een lichtbruine iris is in dit opzicht veel minder hinderlijk, door de overwegende gevoeligheid voor blauwe stralen van de gebruikte platen.

In dergelijke gevallen verdient het dus aanbeveling, de pupil vóór de opname zoo wijd mogelijk te maken.

De invloed van de pupil kan men in vele foto's goed waarnemen; zeer vaak zijn de ringen in het centrum duidelijker dan in de periferie. Dat dit werkelijk aan den zwarten achtergrond van de pupil moet worden toegeschreven en niet bijv. aan een ongelijkmatige verlichting, blijkt zeer fraai uit de foto's van oogen met een iris-coloboom (bijv. fig. 28).

Men ziet duidelijk het verloop van het coloboom, en men zal opmerken dat over het geheele gebied hiervan de ringen veel duidelijker zijn dan boven de intacte iris.

DE AFBEELDINGEN.

Waar bij de beschrijving van de hieronder volgende foto's gesproken wordt van „rechts”, is altijd bedoeld rechts in de foto; wat dus in werkelijkheid links is, en omgekeerd.

Fig. 24 is een opname van een kunstmatige cornea (stalen bol met 8 mM straal), om het doel te laten zien van de vier „meridianen” waarover op blz. 28 gesproken is. In de linker afbeelding is het toestel zuiver gecentreerd, de vier armen vormen een kruis met hoeken van 90°. De rechter foto is genomen na een zijdelingsche decentreering van 1,5 mM;

men ziet dat er reeds een zeer duidelijke knik in de verticale meridianen is opgetreden. Toch is deze decentreering zóó gering, dat eenige invloed op het ringenbeeld nog niet te bespeuren is. (Bij sterke decentreering worden de ringen niet meer *concentrisch* afgebeeld; *rond* blijven zij in elk geval).

Men zal bemerken, dat deze geringe graden van decentreering in vele foto's bestaan. Zij zijn hoogstens een „Schönheitsfehler“, werkelijk belang voor de afbeelding hebben zij niet. Zij zijn in de meeste gevallen daardoor ontstaan, dat het gedrag van den patient snel werken noodzakelijk maakte, en dus aan een rustige centreering geen tijd besteed kon worden.

Verder ziet men op beide horizontale meridianen tusschen de 6e en 7e ring van binnen uit, een vierkant zwart vlekje. Dit zijn de schaduwen van de twee moertjes, waarmee de ringenbuis in den reflector is bevestigd.

ASTIGMATISMUS.

1) Aangeboren.

De aangeboren astigmatismus-vormen zijn *meestal* geheel regelmatig, door deze worden dus de ringen als zuivere ellipsen weergegeven. Een voorbeeld hiervan is fig. 25.

Man van 20 jaar, O.S. J a v a l 6 max. vert., visus met S +0,5 $\odot$ C-4 as hor. 6/12. Men ziet hier een vrij zuiveren ellipsvorm van *alle* ringen, tot aan den limbus toe. Verder zijn op deze foto goed de pupil en sporen van de iristeekening te zien. Aan den limbus enkele conjunctivaalvaten. De zwarte streepjes aan de bovenzijde zijn schaduwen van de oogharen.

Lang niet altijd evenwel is het aangeboren astigmatismus zoo volmaakt regelmatig van vorm, iets waarop reeds G u l l s t r a n d bij de beschrijving van zijn fotografische metingen de aandacht vestigde. Soms vertoonen de ellipsen een eigenaardigen peervorm, meestal met de punt naar boven gericht; dit wijst er dus op dat de kromming van de cornea in de bovenhelft zwakker is dan aan den onderkant.

In mijn eerste publicatie (24) kon ik enkele van deze peervormen weergeven; met mijn nieuwe toestel heb ik er tot nog toe geen getroffen.

Kleine afwijkingen in krommingsgraad zijn evenwel alles-behalve zeldzaam; zij zijn zoowel in fig. 26 als 27 te zien.



Fig. 24.

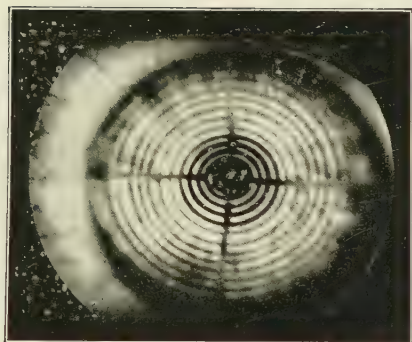


Fig. 25.

5858/29

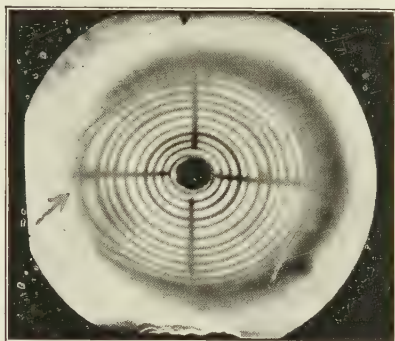


Fig. 26.

6764/29

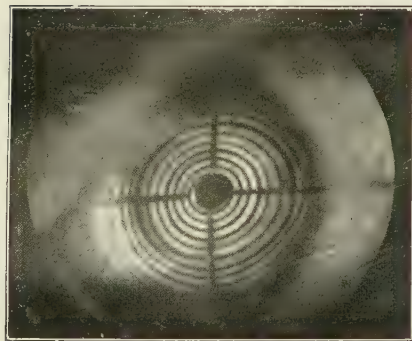


Fig. 27.

7476/29

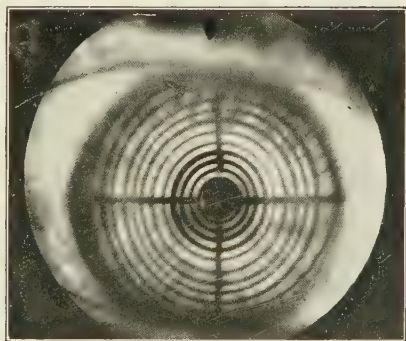


Fig. 28.

6403/29

(„Cornée décentrée”, Javal, „Asymmetrie der vorderen Hornhautfläche”, Gullstrand.)

Foto 26 is afkomstig van een meisje van 26 jaar, O.S. Javal 5 max. 5^0 temp.; visus met C+ 3,5 vert. 6/8. Men ziet dat, behalve het regelmatige astigmatisme, in de uiterste periferie nasaal een aanzienlijke afplatting optreedt. Met de spleetlamp was daar ter plaatse niets bijzonders te zien; er was geen oogziekte voorafgegaan.

In afb. 27 wordt een astigmatismus met scheeve as weergegeven. Jongen van 15 jaar, O.D. Javal 4,5 max. 25^0 temp. Visus met C+4 25^0 temp 6/12. Men ziet hier duidelijk den scheeven stand van de ellipsen, en zal tevens opmerken dat de afstanden der ringen in het linker bovenkwadrant veel geringer zijn dan rechts boven en -onder. Dus ook hier, gesuperponeerd op het scheeve astigmatisme, nasaal een sterke afplatting van de cornea.

Fig. 28 tenslotte geeft een invers astigmatisme weer. Deze foto is afkomstig van een man van 47 jaar, O.D. Javal 3 max. hor.; visus met S-I $\subset$ C-4 as vert. 6/12.

Ook hier ziet men, hoewel over het geheel genomen de as van zwakste kromming *verticaal* staat, toch nasaal weer een afplatting optreden.

2) ASTIGMATISMUS NA CATARACT-EXTRACTIES.

Het meestal vrij sterke, en bijna altijd inverse astigmatisme na cataract-operaties is een dankbaar onderwerp voor de cornea- fotografie. Bij serien opnamen van hetzelfde oog, over langeren tijd vervolgd, zouden zij wellicht waardevol materiaal kunnen leveren voor de nog steeds niet geheel opgeloste vraag over het ontstaan en verloop van deze astigmatismen. Dit zou evenwel ver buiten het bestek van dit proefschrift vallen; ook is de tijd waarin aan onze kliniek systematisch foto's worden gemaakt, nog veel te kort voor dergelijke serien. Er zij hier dus mee volstaan de mogelijkheid aan te duiden, en enkele foto's te geven van cataract-patienten in verschillende stadia na de operatie.

Het is in onze kliniek de gewoonte, dat de patient een week

na de cataract-extractie voor het eerst zijn kamer verlaat voor een voorloopig onderzoek naar den toestand van het oog en een globale refractie-bepaling.

Met een weinig voorzichtigheid is het zeer goed mogelijk, bij deze gelegenheid een cornea-foto te maken, om zodoende vast een indruk te krijgen over den toestand en den krommingsgraad van het voornaamste brekende oppervlak.

De foto's worden dus *op zijn vroegst* gemaakt een week na de operatie.

Bijna altijd vinden we in de foto's, een week na de operatie genomen, een zeer sterk astigmatisme, meestal *volkomen* regelmatig tot in de uiterste periferie.

Men neemt verscheidene malen waar, dat de patient zich bij eerste onderzoek niet behoorlijk laat corrigeeren met cylinders, terwijl dat enkele dagen of weken later wel het geval is, ook al is het astigmatisme, met de „J a v a l” gemeten, in dien tijd niet merkbaar veranderd.

Waaraan dit moet worden toegeschreven is bij mijn weten niet met zekerheid bekend; wel blijkt uit de foto's ten duidelijkste dat er geen sprake van is dat het astigmatisme eerst onregelmatig zou zijn, en later regelmatig zou worden. Integendeel, indien de snede bij de operatie zuiver is gelegd, blijkt reeds in de eerste dagen erna de cornea *volkomen regelmatig* astigmatisch te wezen (met de schijf van Placido gezien); alleen meestal wat sterker dan wij na een week op de foto vinden.

Valt de snede evenwel onregelmatig uit of treden er complicaties op (bijv. glasvochtprolaps, ingroeien van iris-slipje in de wond na iridektomie), dan wordt onmiddellijk de vorm der cornea veel ongunstiger, waaruit wel blijkt van hoeveel belang reeds het aanleggen van de snede aan den limbus is voor de uiteindelijke gezichtsscherpte. Met een weinig overdrijving zou men bijna kunnen zeggen, dat men uit het keratogram kan aflezen, of de operatie al of niet door een bekwaam operateur is verricht!

Ter illustratie dienen de foto's 29, 30 en 31.

Foto 29: genomen 7 dagen na de extractie. Vrouw van 69 jaar, O.S. Gewone snede met Graefe's mesje, extra-capsulaire extractie na iridektomie. Op den dag der foto J a v a l 7 max.

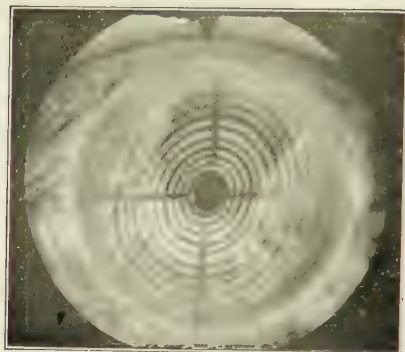


Fig. 29.

1886

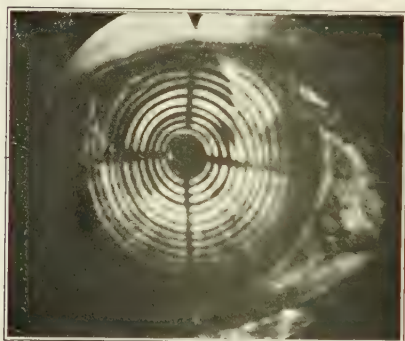


Fig. 30.

privé-pat.

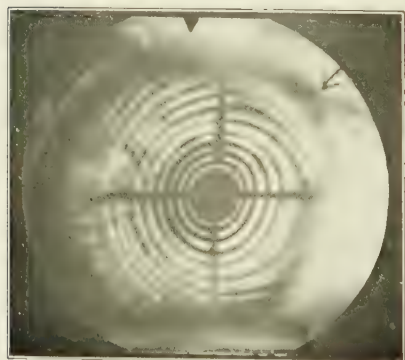


Fig. 31.

4872 | 29

70⁰ nas. Visus met $S+12 \subset C+6$ as 70⁰ nas. 2/12. Men ziet op deze foto zeer fraai den zuiveren ellipsvorm der ringen, de scheeve as van het astigmatisme, de iris met het groote coloboom.

Een geheel analoog geval geeft fig. 30 weer. Ditmaal een rechter oog, waar ook na snede met het lineairmesje en iridektomie een extractio lentis werd verricht (intracapsulair volgens Stanculeanu-Török) De foto werd in dit geval met een geheel praktisch doel genomen, nl. ter oplossing van de merkwaardige tegenspraak die er bestond tusschen het met het toestel van Javal gemeten sterke astigmatismus, en de zwakke cylinder die slechts noodig bleek te zijn om een goeden visus te bereiken.

De patiente in kwestie was een vrouw van 55 jaar. Op den dag der foto (2 weken na de operatie): Javal 6 max. 75⁰ nas., visus met $S+11 \subset C+2$ 75⁰ nas.: 6/6.

Hier bestaat dus een incongruentie, en bij nauwkeurig toezien blijkt de foto ons wel de verklaring te kunnen geven (fig. 30). Men ziet nl. dat er wèl een astigmatisme met scheeve as bestaat, maar dat dit astigmatisme *juist boven het coloboom* zeer gering is. Men bedekke slechts met den vinger de onderhelft van de foto; de ringen boven het coloboom blijken dan *bijna* cirkelvormig te wezen. (Ter vergelijking doe men hetzelfde met fig. 29!)

Met andere woorden: slechts de onderhelft van de cornea, en ook nog het centrum, zijn sterk astigmatisch, en dit centrum wordt met de Javal gemeten. De patiente gebruikt blijkbaar voor het zien hoofdzakelijk de cornea, boven het coloboom gelegen, en de ongelijkmatige kromming *hiervan* is met een zwakken cylinder geheel op te heffen.

De asymmetrie van den graad van het astigmatisme hier blijkt ook zeer duidelijk, als men vergelijkt bijv. de onderlinge afstanden van 2e, 3e en 4e ring in linker boven- en rechter onderkwadrant.

Tenslotte toont ons deze foto, op welke moeilijkheden men stuit bij een *verklaring* van het post-operatieve astigmatisme. Hier is juist inde bovenhelft, waar de snede is aangelegd, de cornea nagenoeg spherisch, en de groote astig-

matische afwijking bevindt zich in de *onderhelft*, waar geen enkel trauma heeft plaats gevonden!

Als tegenhanger van de hierboven vermelde gevallen kan fig. 31 dienen, gemaakt 37 dagen na de extractie van een cataract. Vrouw van 49 jaar, O.D. J a v a l 5 max. 80° temp. Visus met S + 10 C + 4 as 80° temp. 6/8.

Deze extractie werd verricht door een minder ervaren operateur, en bovendien bij een zeer lastige patiente. De lapsnede viel ietwat onregelmatig uit, en onmiddellijk daarna ontstond door hevig knijpen van de patiente, een kleine prolaps van de iris. Tevens kwam een weinig glasvocht naar buiten, dat werd afgeknipt. De iris werd gemakkelijk gereponeerd. Overigens verliep de — extracapsulaire—extractie vlot. Na genezing bleek evenwel in de wond een pigmentrandje zichtbaar, zoodat er vermoedelijk toch een geringe inklemming van de iris bestaat. (bij pijlpunt).

Men ziet in de foto, dat het astigmatismus hier veel onregelmatiger verloopt dan in de voorgaande afbeeldingen; in het rechterbovenkwadrant bestaat een afplatting. De snede, die overigens vrijwel evenwijdig aan den limbus in de sclera verloopt, is hier in de cornea zelf terecht gekomen, waardoor deze afplatting wel te verklaren is.

Merkwaardig is, dat in het rechter *onderkwadrant* een nog sterker afplatting zich bevindt, hoewel hier natuurlijk geen enkele laesie heeft plaats gehad; iets dergelijks dus als in het vorige geval. Ik vermoed, dat de afplatting hier eenvoudig ontstaan is door trekking van het bovenkwadrant uit.

Het astigmatisme is in den verderen observatietijd (3 maanden) niet merkbaar veranderd; ook de visus, die gelukkig door de vreemde perifere vervormingen niet sterk is beïnvloed, is onveranderd gebleven.

3) ASTIGMATISMUS NA VERWONDINGEN.

Na de bespreking van de snede voor de cataract-extractie — de willekeurige en met overleg aangebrachte laesie —, volgen logisch de verwondingen van de cornea door ruw geweld, die bijna altijd zijn steek- of snijwonden. Immers, bij

stomp trauma ontstaat meestal een scheur in de *sclera*, en blijft de *cornea* zelf intact.

Allereerst moet hierbij den nadruk worden gelegd op een feit, dat m.i. nooit genoeg naar waarde wordt geschat: nl. dat het voor den uiteindelijken toestand van de *cornea*, en daarmee dus voor den visus, van het grootste belang is *of de snede geheel in de cornea zelf verloopt, of dat ook de limbus en de sclera zijn aangedaan*.

Gaat men een aantal oude verwondingen systematisch na (en dit is met geen enkele methode zoo eenvoudig als met de fotografische), dan blijkt steeds weer dat in het eerste geval de invloed op den *cornea*-vorm opvallend gering is, terwijl, als eenmaal de *limbus* of de *sclera* geraakt zijn, er onverbiddelijk een min of meer onregelmatig astigmatismus optreedt, met alle funeste gevolgen van dien.

Het is, voor zoover ik heb kunnen nagaan, vooral P f a l z geweest die dit feit heeft opgemerkt; althans, deze heeft er ook speciaal op gewezen dat sneden in de *cornea* zelf meestal opvallend glad en zonder gevolgen voor de kromming van het oppervlak genezen. (16).

Voor het sterke, en meestal blijvende astigmatisme na *sclera*- verwondingen behoeft geen nieuw voorbeeld gegeven te worden, de boven behandelde cataract-sneden bewijzen dat voldoende.

Hoe lang dit sterke astigmatisme reeds bekend is blijkt wel uit het feit, dat het door Snellen Sr. (9) uitvoerig wordt beschreven. Hij beschouwde het nl. als een teeken van sterke uitbochtig van de *sclera*, en schreef juist aan deze uitbochtig de gunstige werking toe van de sclerotomie bij glaucoom.

Een geval van zuivere *cornea*-wond toont fig.32. Dit betreft een jongen van 14 jaar, die met een aardappelmesje in het rechter oog was gestoken. Hij kwam binnen met een groote, schuin verloopende snede in de onderhelft van de *cornea*, een *synechia anterior* en beginnende *cataracta traumatica*. Visus bij opname 6/18, met glazen niet te verbeteren. De snede verloopt tot op ongeveer 1,5 mM van den *limbus*. De genezing verliep zonder complicaties; de lenstroebeling nam sterk toe, zoodat er na een maand nauwelijks meer rood licht uit den fundus was te krijgen. De visus was toen gedaald tot 0,5/60, lichtprojectie zuiver.

34 dagen na de verwonding werd de foto gemaakt. (Door den slechten visus heeft pat. niet zuiver het midden van de buis gefixeerd; het ringenbeeld is daardoor wat naar de rechterhelft van de cornea verschoven).

Men ziet dat de snede in het rechter-onderkwadrant een gering astigmatismus heeft teweeggebracht, de cornea is daar een weinig afgeplat. De geheele rest van de cornea is volkomen normaal, niettegenstaande de perforerende snede van ruim 4 mM lengte.

Fig. 33 is van hetzelfde oog afkomstig, maar nu ziet de patient *naar boven*, en het toestel is zoodanig gericht dat het centrum van het ringenbeeld juist samenvalt met den top der wond. Men ziet dat hier een geringe cylindrische verteekening optreedt, dus ter plaatse van de wond is het oppervlak verheven. Verder naar beneden toe worden de ringen bijna in 't geheel niet meer door de snede verstoord.

(De wond aan het *oppervlak* loopt *links* van de witte streep, zooals bovenaan goed te zien is; de streep wordt veroorzaakt door bindweefselvorming in de *diepere* lagen van de cornea. Zij ligt rechts van de oppervlakkige wond, doordat de snede schuin door het cornea-weefsel heen verloopt).

Nogmaals wijs ik er nadrukkelijk op, dat het hier afgebeelde geval geen bijzonderheid is, doch een regel waarop bijna geen uitzondering bestaat.

Het is bijna met zekerheid te voorspellen dat het geringe astigmatismus dat hier nog bestaat, in den loop der volgende maanden geheel zal verdwijnen (P f a l z neemt als uiterste grens voor het herstel der oppervlakte zelfs 12 jaar aan!)

Een ander geval, waarvan ik helaas geen foto heb kunnen maken, doordat mijn toestel toen nog niet gereed was, betreft een meisje van 21 jaar, dat de scherven van een brillenglas in het rechter oog had gekregen. Resultaat: een enorme snede dwars over de cornea iets onder het midden, aan beide uiteinden tot vlak bij den limbus naderend. Kleine, perifere irisprolaps.

Na genezing *niet het minste astigmatismus*, J a v a l 0,5 max. vert., visus 6/8 emmetropie; met glazen geen verbetering. (Lijst No. 1231/29).

Een merkwaardigen „mengvorm” van de twee verwondingen toont fig. 34. Dit is het geval van een jongen van 15 jaar, die

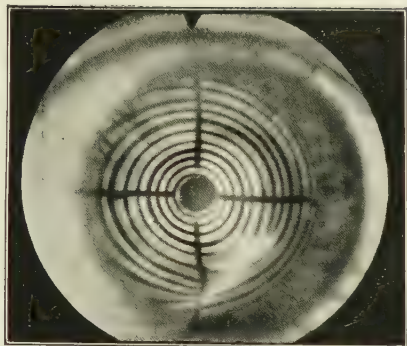


Fig. 32.

6182/29

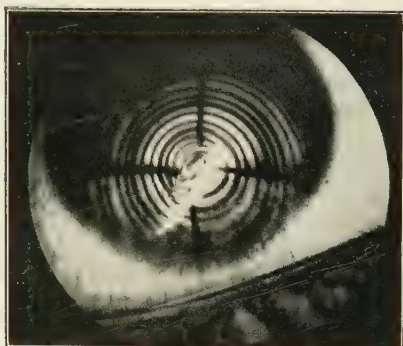


Fig. 33.

6182/29

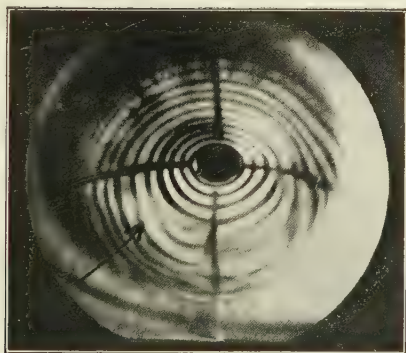


Fig. 34.

3947/29

bij het knippen van betonijzer iets in het rechter oog had gekregen. Op de Röntgenfoto bleek in het oog een enorme staalsplinter te liggen, van ruim 15 mM lengte. In de cornea een perforerende snede van 3 mM lengte in het linker onderkwadrant, *niet* aan den limbus reikend.

Met de reuzenmagneet werd de splinter zoover gekregen, dat hij halverwege in de voorste kamer stak, met enkele weerhaken vastzittend aan den iris-rand. Hierop werd aan de onderzijde evenwijdig aan den limbus een snede met v. Graefe's mesje gemaakt, en met zeer veel moeite met de handmagneet de splinter geextraheerd.

Om dit mogelijk te maken, moest de snede nog enkele malen met het mesje en met de schaar worden vergroot; er ontstond een irisprolaps doordat de jongen uiterst onrustig was, er kwam een flinke haemorrhagie die alle gezicht benam, — in één woord, toen eindelijk een ijzerstuk van recordafmetingen verwijderd was, zag het oog er tamelijk hopeloos uit.

Het herstelde zich evenwel merkwaardig snel, zonder verdere complicaties. De zwaar beschadigde lens werd vrijwel geheel geresorbeerd, en 2 maanden na het ongeval bedroeg de visus met S + 14 : 3/36.

Op de foto blijkt, dat de incisies aan den limbus terdege hun sporen hebben achtergelaten: er is een enorme, en bovendien onregelmatige afplatting ontstaan, die de geheele cornea sterk astigmatisch gemaakt heeft.

Een sterk contrast hiermee vormt de oorspronkelijke wond, die uitsluitend in de cornea lag. Zij blijkt op het verloop der — overigens sterk deformeerde — ringen vrijwel geen effect te hebben (zie pijl).

Met deze feiten voor oogen betreurt men het des te meer, dat het niet goed mogelijk is onze incisies voor de extractie van intra-oculaire corpora aliena geheel in de cornea te leggen, inplaats van in den limbus; wat de kromming der cornea betreft zou dit zeker veel gunstiger zijn.

Een merkwaardigheid van de laatste foto is nog, dat hier de as van *sterkste* breking loodrecht staat op de incisie, terwijl in de gevallen van cataract-extractie de meridiaan loodrecht op de incisie bijna altijd juist de *zwakst* brekende is. Of dit te

wijten is aan de onregelmatigheid van het geheele operatieverloop, of dat iets dergelijks meer voorkomt bij incisies aan de onderzijde, durf ik niet te beslissen, aangezien dergelijke incisies betrekkelijk zeldzaam zijn en ik er nog niet genoeg foto's van verzameld heb.

4) ONREGELMATIG ASTIGMATISMUS.

Is in het astigmatisme door verwondingen meestal nog eenig systeem te vinden, in de nu volgende vormen ontbreekt dit ten eenenmale, met het gevolg dat de visus meestal slecht is, en met cylinderglazen ook niet is te verbeteren.

De voornaamste en meest frequente oorzaak is wel de scrophuleuze ophthalmie. Ulcera uit andere oorzaken zijn meestal niet zoo funest, doordat zij een minder groot deel der cornea aantasten. Na keratitis parenchymatosa treedt meestal veel minder vervorming van het oppervlak op; de slechte visus is hier veel meer veroorzaakt door de achtergebleven troebeling der diepere lagen. (En misschien ook door de onregelmatige breking door de wanden der vaatjes?)

Een solitair ulcus kan soms een tamelijk regelmatig astigmatismus veroorzaken, waarvan fig. 35 een voorbeeld geeft. Regel is dit evenwel geenszins.

Deze foto is afkomstig van het rechter oog van een vrouw van 54 jaar, die werd opgenomen voor een uitgebreid en diep ulcus corneae. Behandeling met verband en aanstippen met tinct. jodii hadden geen resultaat; zij is daarom met iontophorese van sulf. zinci behandeld. Dit had na enkele malen volledig succes, het ulcus is genezen met achterlating van een betrekkelijk dunne macula.

De uitbreiding van deze macula wordt door de foto nauwkeurig weergegeven door het gebied van verminderde spiegeling; men ziet in het rechter onderkwadrant een fraaie facet-vorming, en daaronder de cylindrische verteekening der ringen door den rand der facet. (Zie hoofdst. V, fig. 17.)

De groote macula heeft een min of meer regelmatig astigmatismus van de geheele cornea tengevolge gehad (J a v a l ± 5 max. vert.). Toch is het nog te onregelmatig om correctie met cylinders toe te laten (afplatting onder sterker dan boven).

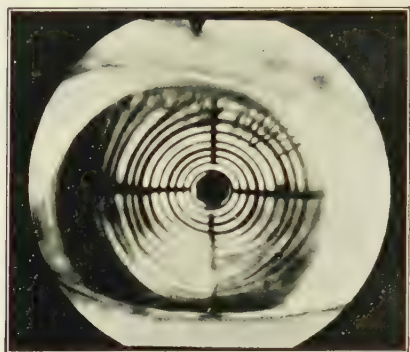


Fig. 35.

777/29

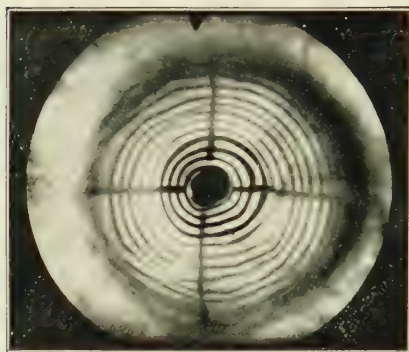


Fig. 36.

6612 29



Fig. 37.

7094 29

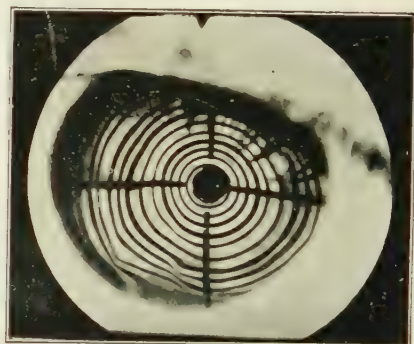


Fig. 38.

7118 29

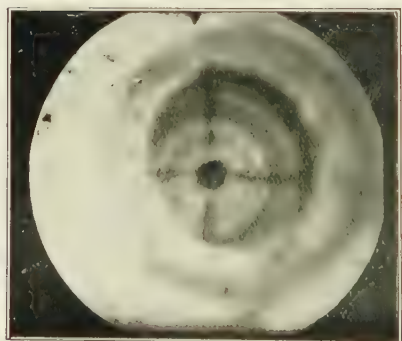


Fig. 39.

6278/29

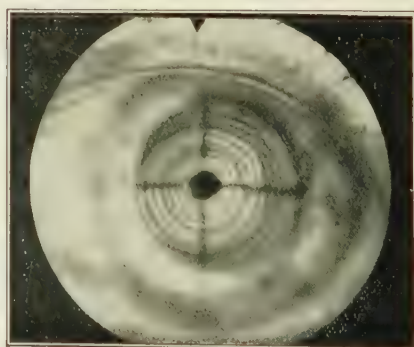


Fig. 40.

6278/29

Visus met S+6 : 6/36. De hypermetropie zal vermoedelijk ook wel door de afplatting ontstaan zijn; Axenfeld (2) beschrijft een dergelijk geval.

Fig. 36 en 37 zijn beide afkomstig van corneae, die een scrophuleuze ophthalmie hebben doorgemaakt. De eerste is van een vrouw van 28 jaar, die drie jaar geleden een keratitis scrophulosa en scleritis had. Visus O.S. nu 6/24 incorr. ; Javal irregulair, naar schatting ± 6 max. vert. Met de spleetlamp gezien is de cornea min of meer diffuus troebel met plekken van sterkere troebeling.

De tweede fig. (37) toont de cornea van een meisje van 16 jaar, dat reeds in 1923 in de polikliniekboeken vermeld staat met de diagnose: maculae corneae O.S. (tevens strabismus convergens op dit oog). Volgens de anamnese zou zij op den leeftijd van $1\frac{1}{2}$ jaar „klierstof op de oogen” hebben gehad, daarna nooit meer. Javal iets onregelmatig, 5,5 max. 15^0 temp. Visus met C+4 as 15^0 temp. 6/24; zonder glazen 4/60. Hier is dus wel eenige correctie te krijgen, vermoedelijk doordat de groote onregelmatigheden tamelijk perifeer zitten.

Een ander geval van onregelmatig astigmatisme, dat er op de foto uitziet alsof het door scrophulose zou veroorzaakt zijn, toont fig. 38.

Vrouw van 36 jaar, O.D. In 1923 hier opgenomen geweest wegens een groot ulcus corneae, vermoedelijk als keratitis dendritica begonnen (pat. kwam pas in behandeling nadat zij reeds vier weken klachten had). Volgens de oude aantekeningen had het ulcus eenigszins halvemaa nvorm, en nam ongeveer de plaats in tusschen de 4e en 10e ring in het boven- en onderkwadrant links.

De visus was bij opname 2/60, Javal geheel irregulair. Na ruim 3 weken klinische behandeling is het ulcus tenslotte genezen, na herhaald aangestipt te zijn met tinct. jodii.

In 1926 kwam pat. terug, ditmaal met een phlyctaen O.D. De cornea zelf schijnt toen niet aangetast te zijn geweest; de aandoening is na enkele dagen onder verband genezen. De visus was toen 6/36 incorr.; Javal $\pm 1,5$ max. 45^0 nas.

In 1929, bij het maken van de foto, was de visus onveranderd,

Javal 0.5 max. vert. Er was slechts een dunne macula zichtbaar in de rechter helft van de cornea.

Men ziet uit dit geval weer duidelijk, hoe weinig het toestel van Javal ons leert over den toestand van de cornea. Immers, in de foto zijn de drie middelste ringen vrij regelmatig, maar reeds de 4e en 5e vertoonen sterke afwijkingen.

Nu bestaat toch een groot gedeelte van den dag zeker een pupilwijdte van 4 mM, en wordt dus een gedeelte van de cornea voor het zien gebruikt, dat op de foto ongeveer door de 7e ring wordt omvat. De slechte visus kan in dit geval dus allerminst verwondering baren, al zijn ook in het meest centrale deel der cornea geen duidelijke veranderingen.

Er dringen zich na het bovenstaande enkele vragen op die ik hier kort wil stellen; de beantwoording zou slechts door een langdurige en uitgebreide proevenreeks zijn te verkrijgen.

1e Veelal wordt, bij dichte macula corneae, een „optische iridektomie” gedaan onder een gedeelte van de cornea dat goed helder is. Het ligt nu voor de hand, de optische iridektomie niet tot zulke gevallen te beperken. Men zou haar ook kunnen toepassen in gevallen, waar de slechte visus niet veroorzaakt wordt door dichte maculae, doch door onregelmatigheid van het oppervlak van de cornea boven de pupil.

Met de fotografische methode is het zeer goed mogelijk, in gevallen van onregelmatig astigmatismus na te gaan, of er in de cornea ook nog een gebied van zuivere kromming bestaat. Onder *dit* gebied zou dan een optische iridektomie verricht kunnen worden, en de oorspronkelijke voor het zien gebruikte plaats van de cornea door tattooage onschadelijk gemaakt. (Zie ook Meller, 18). Een oog als in fig. 36 zou zich wellicht tot een dergelijke operatie leenen in het rechter bovenkwadrant, waar eigenlijk geen afwijking is te bespeuren.

Ter contrôle van de bruikbaarheid van het fotografisch uitgezochte cornea-gebied zou eerst hieronder de pupil gebracht kunnen worden volgens de door Vannas (27) beschreven methode (plaatselijke pupilverwijding door subconjunctivale adrenaline-injectie).

2e In gevallen als in foto 38, waar juist alleen het *midden*

van de cornea intact is, en waarschijnlijk de goede functie wordt belemmerd door het slechte oppervlak van de meer perifeer gelegen gedeelten, zou wellicht de proef genomen kunnen worden deze gedeelten uit te sluiten, door met pilocarpine de pupil tot 1 à 2 mM te vernauwen. Het laat zich denken, dat daardoor de visus sterk zou verbeteren.

Aangezien patiënte niet meer op de polikliniek verschenen is, heb ik de proef tot nu toe niet kunnen nemen.

3e zou het in gevallen, waar een optische iridektomie wegens macula corneae wordt overwogen, wellicht aanbeveling verdienen eerst met enkele cornea-foto's na te gaan of inderdaad het uitgezochte gebied onberispelijk van oppervlak is. Het komt mij voor, dat vele gevallen van onbevredigend resultaat na een optische iridektomie *hierin* hun grond vinden, dat teveel is gelet op de goede *doorschijnendheid*, inplaats van op de goede *oppervlakke* van het uitgekozen cornea-gebied.

En — ook iets waar speciaal P f a l z den nadruk op heeft gelegd — het tweede is van even groot belang als het eerste.

Ook A m m a n (13) wijst erop, dat de gezichtsstoornis door de *troebeling* van de macula veroorzaakt, dikwijls opvallend gering is. De door haar veroorzaakte diffuse lichtstrooiing vermeerderd slechts de reeds physiologisch aanwezige hoeveelheid diffuus licht; zij krijgt alleen bij het onderscheiden van contrasten groo-ter beteekenis.

PLOOIING VAN DE CORNEA.

Aansluitend aan het onregelmatige astigmatisme toont fig. 39 en 40 een geval van plooiing van de cornea door verband. De eerste foto is genomen onmiddellijk nadat het verband was afgenomen, de tweede 4 minuten later. Men ziet zeer duidelijk, vooral in het rechter bovenkwadrant, de verveelvuldiging van de ringen, zooals die in hoofdstuk V reeds theoretisch was afgeleid. Op de tweede foto is het ringenbeeld reeds veel normaler geworden; op een derde foto, drie uur later genomen, is geen enkele afwijking meer te zien (niet gereproduceerd).

Deze eigenschap, dadelijk met plooiing te reageeren op een druk, die door anderen zonder bezwaar wordt verdragen, schijnt betrekkelijk zelden voor te komen, en wel aan oogen waaraan overigens niets bijzonders is op te merken. Men wordt er meestal opmerkzaam op gemaakt, doordat de pa-

tienten aangeven, veel beter te kunnen zien als het verband eenigen tijd is afgenomen geweest. De twee gevallen waar ik foto's van bezit, waren beide oogen met cyclitis chronica; maar dit kan toeval zijn.

Men heeft de oorzaak soms willen zoeken in verlaagde tensie, hetzij dat deze al van tevoren bestond, of juist door den druk van het verband zou zijn opgewekt.

M.i. ten onrechte, want dan zou men deze plooiing toch geregeld moeten zien bij toestanden van lagen druk, bijv. bij een oog met perforerende verwonding, of na intra-oculaire operaties. Hier is, na afloopen van het kamerwater, de tensie feitelijk o. Onmiddellijk daarop wordt verband aangelegd, dus hier zouden ideale omstandigheden aanwezig zijn voor het optreden van plooiing van de cornea.

Toch heb ik tot nu toe bij 9 oogen, die ik enkele uren na een intra-oculaire operatie met de schijf van Placido onderzocht, nooit ook maar een aanduiding van plooiing kunnen vinden.

Aan den anderen kant heb ik bij twee oogen die na normale verbanddruk plooiing vertoonden, tonometrisch normale tensie gevonden.

Het lijkt daarom beter, de oorzaak in de cornea zelf te zoeken, en aan te nemen dat deze niet hare normale elasticiteit bezit. Zij wordt door druk „gekreukt” als een papieren oppervlak, inplaats van terug te veeren als een gummi of celluloid bol, zooals gewoonlijk.

Dat de oorzaak uitsluitend in het *epitheel* van de cornea te zoeken zou zijn, lijkt minder waarschijnlijk gezien de vrij grove „deuken”. (Zie rechter bovenkwadrant fig. 40) Een plooiing van het epitheel *alleen* zou waarschijnlijk wel nooit anders dan uiterst fijne en zeer ondiepe oppervlakteveranderingen kunnen geven.

Met de spleetlamp is van de plooiing zoo goed als niets te zien.

BIJZONDERE VORMEN.

Hieronder heb ik samengevat een aantal foto's die niet van direct klinisch belang zijn, doch een illustratie pogen te geven van de mogelijke vormen, die theoretisch in hoofdstuk V zijn afgeleid, ten bewijze dat al deze vormen ook inderdaad

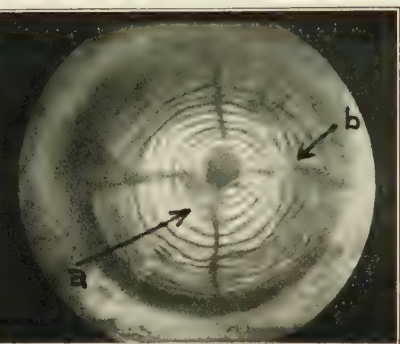


Fig. 41.

6101/29

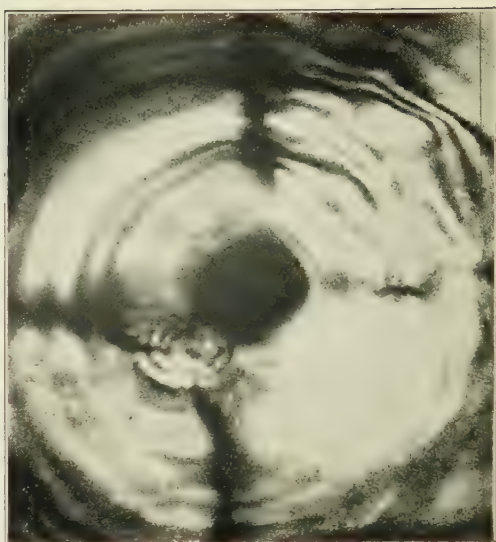


Fig. 42.

6101/29

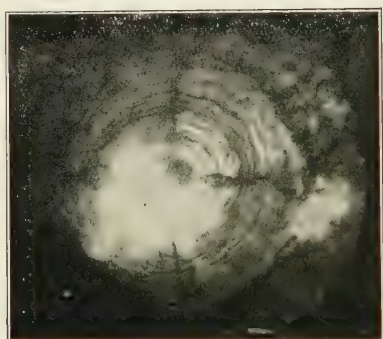


Fig. 43.

6127 29

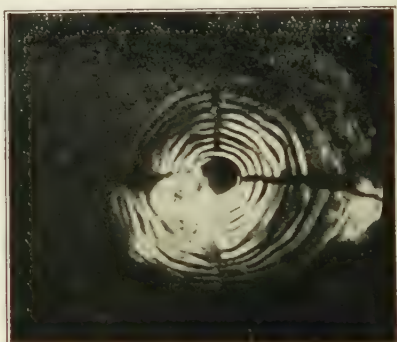


Fig. 44.

6127/29



Fig. 45

6127/29

voorkomen, en de fotografische methode gevoelig genoeg is om hun vast te leggen. Tevens toonen zij, dat het inderdaad mogelijk is, uit het keratogram den vorm der cornea „terug te lezen”, wat natuurlijk een eerste eisch is voor praktische bruikbaarheid.

Foto 41 is afkomstig van het rechter oog van een man van 63 jaar, die een langdurige en zeer heftige diepe keratitis had, vermoedelijk op tuberculeuzen bodem. Tenslotte had zich, bijna centraal, een descemetokèle gevormd. Kort voor het barsten van het blaasje is de foto gemaakt.

Men ziet in de periferie de gevolgen van de keratitis: onregelmatig astigmatismus, facetten (rechts onder). Precies op de naar rechts verloopende horizontale meridiaan zijn de 6e, 7e en 8e ring samengeknepen op de typische wijze, die in hoofdstuk V, fig. 22 B, is aangegeven voor een positief torisch oppervlak, in dit geval waarschijnlijk een puntvormig infiltraatje. (b).

Bij de punt van de pijl *a* bevond zich de descemetokèle, die dus als bol spiegeltje een verkleind, rechtopstaand beeld van de ringen gaf. Zooals in hoofdst. V is aangegeven, ligt dit beeld niet in één vlak met het ringenbeeld, doch 3-4 mM ervóór, zoodat het op deze foto niet zichtbaar is.

De volgende foto geeft, bij andere instelling, dit spiegelbeeldje weer (vergrooting); hier is dus de rest van het spiegelbeeld geheel onscherp.

Tot nu toe heb ik van een *hol* spiegeltje geen foto kunnen maken, voor reproductie geschikt. Zeldzaam zijn zij geenszins, doch wel meestal uiterst klein en daardoor zeer moeilijk scherp in te stellen.

Een geval, dat op het vorige wat gelijk, geven de afbeeldingen 43, 44 en 45 weer. Dit is een uiterst hardnekkige keratitis, waarvoor geen bepaalde oorzaak is kunnen gevonden worden. Man van 45 jaar, O.D. Op de eerste foto die van dit oog gemaakt werd (niet gereproduceerd), werd bijna geen enkele ring gespiegeld: de heele cornea was geïnfilteerd, en het epitheel totaal dof. Drie maanden later werd foto 43 gemaakt; men ziet dat het perifere deel der cornea zich al weer aanmerkelijk hersteld heeft, er is een vrij goede spiegeling (goed contrast tusschen zwart en wit).

Evenwel is de geheele cornea sterk gegolfd, want bijna

overal zijn de ringen veelvoudig afgebeeld (vooral duidelijk in linker boven- en rechter onderkwadrant). Links onder ziet men het ingroeien van vaten in de cornea.

In het midden evenwel is de toestand nog vrijwel zoo, als drie maanden geleden de geheele cornea was: een diep en dicht infiltraat met zoo goed als geen spiegeling.

Dat het infiltraat zeer dicht moet zijn, volgt uit de bijna krijtwitte kleur, ontstaan doordat het infiltraat veel meer licht terugwerpt dan het doorschijnende gedeelte van de cornea. De visus is in deze drie maanden verbeterd van 2/300 tot 2/60.

Opnieuw een maand later werd foto 44 genomen; het oog is intusschen bijna blank geworden. Men ziet allereerst dat de sterke plooiing van de cornea verdwenen is, er is alleen een zeer onregelmatig oppervlak overgebleven, maar met goede spiegeling. Het infiltraat is kleiner geworden; vooral is dit goed te zien in het rechter onderkwadrant, waar nu *alle* ringen weer spiegelen. Ook het rechter bovenkwadrant is aanmerkelijk verbeterd. Links onder is het infiltraat nog nauwelijks veranderd. (Op het negatief is ook hier alweer een flauwe spiegeling zichtbaar, die evenwel in den afdruk verloren is gegaan).

Zes weken na fig. 44, werd fig. 45 opgenomen. Doordat pat. nu minder lichtschuw was, kon een veel bevredigender foto gemaakt worden. Men ziet, dat nu bijna *overal* de ringen weer gespiegeld worden: het infiltraat is in een macula overgegaan.

Zoo wordt dus in de foto, behalve de toestand van de genezen deelen van de cornea, *ook* zeer zuiver vastgelegd de uitbreiding en de dichtheid van het infiltraat, en de toestand van het epitheel erboven. Welke waarde een serie van dergelijke foto's kan hebben boven de vage omschrijvingen waarmede men zich anders in de ziektegeschiedenis tevreden moet stellen, behoeft geen betoog.

Een meer zeldzame, en tevens vluchtige oppervlakteverandering, geeft fig. 46 weer, nl. een zg. „Delle” in den rand der cornea, zooals voor het eerst door E. Fuchs (15) is beschreven. De patient ziet in dit geval naar *boven*. Vlak bij den limbus (bij de pijlpunt) ziet men een bijna rond grijs vlakje, waar de loop der ringen onderbroken is. In werkelijkheid was dit een zeer fraai hol spiegeltje, dat een verkleind en omgekeerd beeld van de ringen gaf, doch in de foto is dit geheel onscherp



Fig. 46.

1939/29

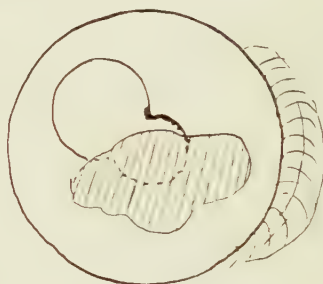
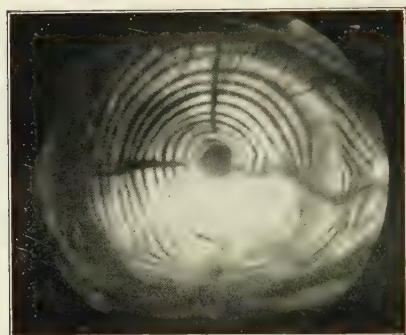


Fig. 47.

3
.30



Fig. 48.

7215/29

geworden, omdat de instelling op het groote ringenbeeld geschiedde.

Het geval was afkomstig van een man van 49 jaar, die reeds maanden in behandeling was voor een hevige etterige conjunctivitis. De limbus was ter plaatse van de „Delle” zeer rood en sterk gezwollen, zooals ook op de foto eenigszins is aangeduid. De plaats is niet gewoon voor deze afwijking, zij zit in de meeste gevallen nasaal of temporaal, slechts zelden aan de onderzijde zooals hier. (Zie ook A. Fuchs, 26.)

Men ziet verder op de foto, dat de cornea op verscheidene plaatsen onregelmatig van oppervlak is; uit een brief van den huisarts bleek dat pat. vroeger reeds maanden lang door hem voor *ulcera corneae* behandeld was.

Fig. 47 is het keratogram van een cornea, waarop zich een uitgebreid *ulcus serpens* bevond, dat op den dag der foto alweer grootendeels genezen was (geen kleuring meer met fluoresceïne, doch nog groot infiltraat en macula). De uitbreiding van het infiltraat is duidelijk op de foto te zien; zij reikt tot in het centrum van de cornea.

Men zou, deze foto ziende, een zeer slechten visus verwachten, deze is evenwel 6/24. Met het toestel van Javal onderzocht, lijkt overal de cornea uiterst onregelmatig, op het keratogram evenwel blijkt zoowel het rechter- als het linker bovenkwadrant tamelijk goed te zijn.

Nu bevindt zich de pupil juist onder het linker bovenkwadrant, zij is daar nl. door atropine sterk verwijd, terwijl zij overal elders door synechien is vastgelegd (zie schetsje). Hier heeft dus a.h.w. de natuur de pupilverlegging toegepast, die wij reeds eerder (zie blz. 60) in dergelijke gevallen als wenschelijk veronderstelden.

Geheel rechts ziet men nogmaals een, sterk cilindrisch vertekend, ringenbeeld. Dit is veroorzaakt door de daar ter plaatse sterk gezwollen conjunctiva limbi, het behoort dus niet meer tot het keratogram.

De volgende foto (vergrooting) is bijna een zuiver pendant van de teekening uit hoofdstuk V (fig. 22). Men ziet hier twee verschillende afwijkingen, nl. in het rechter onderkwadrant een facet, afkomstig van een vlak infiltraatje, en in het linker onderkwadrant een duidelijk positief torisch oppervlak, waar

zelfs in de centrale helft een aanduiding is te zien van de verkleinde ringen-afbeelding van fig. 22A.

Dit torisch vlakje was afkomstig van een bewegelijk lichaam, want op de volgende foto, een halve minuut later genomen, ligt het veel lager, ongeveer ter zelfder hoogte als de facet. (niet gereproduceerd). Vermoedelijk is het afkomstig van een miniatuur luchtbelletje of iets dergelijks.

Ik heb het niet kunnen verifiëren, daar deze torische vertekening eerst na het ontwikkelen der platen ontdekt werd, en er toen aan de cornea natuurlijk reeds lang niets meer te vinden was.

Het leek mij toch van belang, deze foto te reproduceeren, omdat daaruit blijkt dat men met deze oppervlakte-vormen voorzichtig moet wezen. Zij *kunnen* toevallig zijn, en niets met werkelijke cornea-afwijkingen te maken hebben. Zij zijn overigens de eenige, voor zoover ik weet.

Het spreekt vanzelf, dat nog vele andere vormen kunnen voorkomen, afzonderlijk of gecombineerd; elk ziektegeval geeft weer een verschillend keratogram. Evenwel is tenslotte ook de meest fantastische vorm altijd terug te brengen tot de in hoofdstuk V afgeleide, en in het laatste hoofdstuk fotografisch weergegeven vormen, en is dus in *alle* gevallen uit het keratogram een reconstructie mogelijk van het oppervlak dat het spiegelbeeld verwekte.

Dat de methode praktisch bruikbaar *en* voldoende is, is hiermede bewezen.

Ik heb ook getracht haar bruikbare grens naar beneden toe vast te stellen, m.a.w. welken graad van fijnheid de oppervlakteveranderingen nog kunnen hebben, niet om het ringenbeeld te beïnvloeden, doch om uit het ringenbeeld nog te kunnen worden gediagnostiseerd. De kleine puntvormige infiltraatjes, die nog een duidelijke en onmiskenbare torische vervorming geven, zijn wel ongeveer de onderste grens. Hun grootte, bij spleetlamponderzoek geschat, bedraagt ongeveer 0.5 mM.

Verscheidene malen heb ik bijv. keratogrammen van *chagrin* van de cornea gemaakt, in gevallen van glaucoom; het resultaat is evenwel niet meer bevredigend. De ringen

worden hier eenvoudig wazig weergegeven, een teekening die evengoed door een diffuus infiltraat of door onscherpe instelling zou kunnen worden veroorzaakt.

Het zelfde geldt in nog sterkere mate voor de lichte indroging der cornea na het indruppelen van cocaine en derg., ook deze maken het spiegelbeeld slechts dof zonder typeerende details.

Wel volgt hieruit, dat men vóór het maken van een keratogram nooit cocaine mag appliceren.

Is men eenmaal in het gebied van *deze*, bijna mikroskopische veranderingen aangeland, dan schijnt inderdaad de reflex-methode van F i s c h e r verre de voorkeur te verdienen.

Naar wat ik uit publicaties en mondelinge mededeelingen van F i s c h e r vernam, schijnt de reflexfotografie werkelijk *typische* beelden te kunnen geven van cornea-veranderingen door glaucoom, cocaine-indruppeling en derg. In een van zijn publicaties noemt hij een grootte van 20-100 μ voor veranderingen, die nog duidelijk worden weergegeven.

Verbeteringen in het beschreven apparaat zullen nog zeer zeker mogelijk zijn. Zij zullen wel in hoofdzaak betreffen een kleinere en exactere uitvoering van de ringenbuis, waardoor de foto's nog aan zuiverheid zouden winnen en diepliggende oogen beter bereikbaar zouden worden; verder zou misschien een lichtsterker objectief mogelijk wezen (eventueel in verbinding met een lens volgens P i a z z i S m y t h; zie blz. 21) Bij zeer lichtschuwe of angstige patienten geeft zelfs de toegepaste belichtingstijd van $\frac{1}{4}$ sec. soms nog onscherpe beelden; een verkorting zou dus zeker wenschelijk zijn (zie hierover ook blz. 34).

Ook zou het theoretisch zeker niet onmogelijk zijn het toestel zoover te ontwikkelen dat er *kwantitatieve* bepalingen mee mogelijk worden.

CONCLUSIES.

1. De tot nu toe bestaande fotografische methoden zijn niet in staat, een ondubbelzinnig beeld van de geheele cornea-oppervlakte te geven.

2. Dit is slechts mogelijk, indien men de tot nu toe gebruikte schijf- of perimeter-vormige proefobjecten vervangt door een ten naastenbij *cylindrisch* object.
3. Een geheel voldoen aan de theoretische eischen is wel mogelijk, doch practisch niet aan te raden; een kleine afwijking hiervan blijkt trouwens zonder veel bezwaren door te voeren.
4. De veranderingen in de kromming van de cornea, optredend na verwondingen van limbus of sclera, zijn naar grootte en plaats zeer wisselend; de veelvuldig voorgeslagen operaties tegen astigmatismus onttrekken zich dus aan elke kwantitatieve prognose, en verdienen niet toegepast te worden.
5. De fotografische methode kan goede diensten bewijzen vóór het aanleggen van een optische iridektomie.
6. Elke typische oppervlakteverandering geeft een typisch beeld in het keratogram; in de foto kunnen dus alle oppervlakteveranderingen zoo worden vastgelegd, dat zij later uit de foto zijn „terug te lezen”.
7. De beschreven methode is bruikbaar tot veranderingen van ongeveer 0.5 mM; kleinere afwijkingen geven geen typisch beeld meer.
8. Tot het vastleggen van *deze* veranderingen is tot nog toe de reflex-methode van F i s c h e r de eenige bruikbare.
9. Het in dit proefschrift beschreven apparaat geeft een nauwkeurig en objectief beeld van veranderingen over het *geheele* cornea-oppervlak; op dit punt schieten de andere tot nu toe beschreven methoden te kort (zie fig. 49).



Fig. 49. De drie tot dusver bestaande methoden der cornea-fotografie.

Het zwarte gedeelte geeft de area aan, die door één foto wordt bestreken.

LITTERATUUR.

(Artikelen, wier inhoud geheel verouderd is of onjuist is gebleken, heb ik *niet* vermeld. Voor volledige litteratuur-opgave zie men **L a n d o l t** in Graefe-Saemisch (2e druk), **IV**, I en Zentralbl. f. g. O.)

1. **L a q u e u r**, Ophthalmometrische Untersuchungen über die Verhältnisse der Hornhautrefraktion in normalen Zustand und unter pathologischen Bedingungen. Vers. O.G. Heidelberg 1883, Blz. 17; Arch. f.O.G. **XXX**, I, Blz. 99 (1884).
2. **A x e n f e l d**. Ueber eine eigentümliche Form von unregelmässigen Hornhautastigmatismus. Kl. M. f. A. 1893, Blz. 33.
3. **G u l l s t r a n d**, Photographisch-ophthalmometrische und klinische Untersuchungen über die Hornhautrefraktion. Kungl. Svd. Akad. Handl. **28** (1896).
4. **R e y m o n d**, Ueber die Beeinflussung kleinerer Fehler der Hornhautkrümmung durch operative Massnahmen. Z.f.A. **40**, II, Blz. 204 (Beilageheft).
5. **W e b e r**, Studien über operative Behandlung des Astigmatismus. Als bovenst., Blz. 207.
6. **L a n s**, experimentelle Untersuchungen über Entstehung van Astigmatismus durch nicht perforierenden Hornhautwunden. Arch f.O.G. **XLV** Blz. 117 (1898).
7. **L a n d o l t** in Graefe-Saemisch (2e druk) **IV**, I, Blz. 169.
8. **H e s s** in Graefe-Saemisch (2e druk) **VIII**, II, Blz. 432.
9. **S n e l l e n** Sr. in idem, **IV**, II, Kap. II, Blz. 89.
10. **D e s c h a m p s**, Modification des courbures de la cornée sous l' influence des injections sous-conjonctivales; leur action sur l'astigmatisme. Clin. Ophth., Mai 1905.
11. **M a d d o x**, A new operation for moderate shortsight. Brit. Med. Journ. Oct. 1905.

12. **S i l e x**, Zur Frage der operativen Behandlung des angeborenen Astigmatismus. Z.f.A. **XVI**, Blz. 516 (1906).
13. **A m m a n**, Hornhautnarben und Sehstörung. Z.f.A. **XXI**, Blz. 427 (1909).
14. **W i n s e l m a n n**, Beitrag zur operativen Behandlung des Astigmatismus. Z.f.A. **XXII**, Blz. 426 (1909).
15. **E. F u c h s**, Ueber Dellen in der Hornhaut. Arch. f.O.G. **78**, Blz. 82 (1911).
16. **P f a l z**, Ueber Dauer und Art der optischen Veränderungen narbiger Hornhauttrübungen. Vers. O.G. Heidelberg 1912, Blz. 3.
17. **V o g t**, Reflexlinien durch Faltung spiegelnder Grenzflächen, usw. Arch. f.O.G. **99**, Blz. 269 (1919).
18. **M e l l e r**, Augenärztliche Eingriffe. (1e druk 1918, Safar, Wien) Blz. 337.
19. **H a r t i n g**, die Photographische Optik in Vogels Handb. d. Phot. **II**, Blz. 108 en 126. (1924)
20. **N o r d e n s o n** in Graefe-Saemisch (3e druk) **3**, Blz. 224 (1924).
21. **F i s c h e r** in Vers. O.G. Heidelberg 1927 Blz. 31 en 429 (ref. in Zentralbl. f. g. o. **XVIII**, Blz. 342 en 349 (1927).
idem in Vers. O.G. Heidelberg 1928 Blz. 261 (vele foto's) (ref. Zentralbl. f.g.O. **XX**, Blz. 184 en 214 (1929).
idem, Ueber die Darstellung der Hornhautoberfläche und ihrer Veränderungen im Reflexbild. Arch. f.A. **98**, (Ergänzungsheft) Blz. 1 (1928).
22. **S u k e z o T a g a w a**, Ueber die Dispersion der brechenden Medien des Auges. Arch. f.A. **99**, Blz. 587 (1928).
23. **F i s c h e r**, Ueber eine neue Methode der Untersuchung der Geweboberflächen. Protoplasma (Berlin) **3**, Blz. 426 (1928) ref. in Zentralbl. f.g.O. **XXII**, Blz. 189 (1929).
24. **D e k k i n g**, Zur Photographie der Hornhautoberfläche. Kl.M.f.A. **82**, Blz. 640 (1929).

25. v. C s a p o d y, Abgüsse der lebenden Augapfeloberfläche für Verordnung van Kontaktgläsern. Kl. M.f.A. **82**, Blz. 818 (1929).
26. A. F u c h s, Pathological dimples („Dellen“) of the cornea Amer. Journ. & Ophth. **12**, Blz. 877 (1929).
27. V a n n a s, Die exzentrische Mydriasis beim Stellen der Indikation der optischen Iridektomie. Kl. M.f.A. **83**, Blz. 476 (1929).
28. B e r g, Vergleichende Messungen der Form der vorderen Hornhautfläche mit Ophthalmometer und mit photographischer Methode. Acta ophth. **7** (fasc. 4) Blz. 386 (1929).



